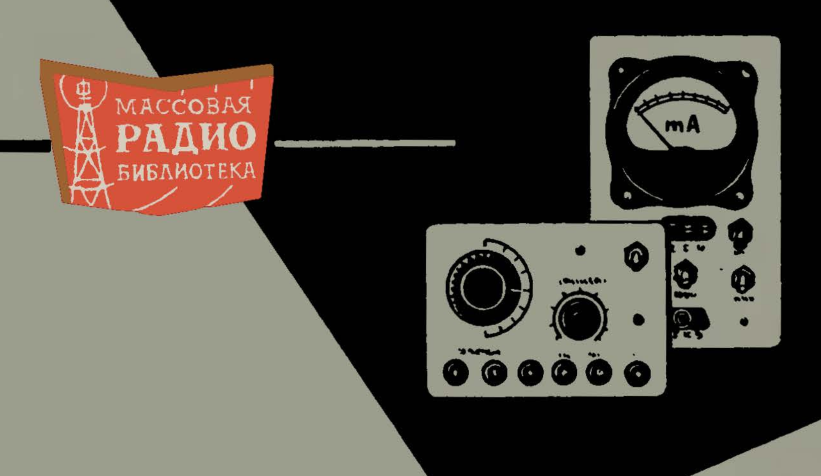


В. А. ВАСИЛЬЕВ
М. К. ВЕНЕВЦЕВ

ЛАБОРАТОРИЯ НАЧИНАЮЩЕГО РАДИО-ЛЮБИТЕЛЯ

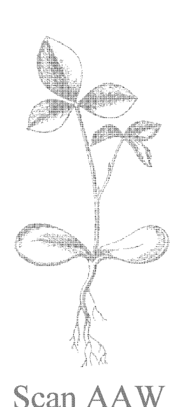


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 713

В. А. ВАСИЛЬЕВ и М. К. ВЕНЕВЦЕВ

ЛАБОРАТОРИЯ НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



Scan AAW



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1969

6Ф2.08
В 19
УДК 621.317.7

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Берг А. И., Борисов В. Г., Бурдейный Ф. И., Бурлянд В. А., Ванеев В. И. Геништа Е. Н., Жеребцов И. П., Канаева А. М., Корольков В. Г., Кренкель Э. Т., Куликовский А. А., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Шамшур В. И.

В. А. ВАСИЛЬЕВ и М. К. ВЕНЕВЦЕВ

В-19 Лаборатория начинающего радиолюбителя, М., «Энергия», 1969.

48 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека, вып. 713)

Описаны схемы и конструкции простых измерительных приборов, для изготовления которых можно использовать недорогие и распространенные детали. Предназначена для начинающих радиолюбителей.

3-4-5
375-68

6Ф2.08

Васильев Владимир Алексеевич и Веневцев Михаил Константинович

Лаборатория начинающего радиолюбителя

Редактор *А. П. Алешкин*
Технический редактор *О. Д. Кузнецова*
Корректор *И. С. Соколова*

Сдано в набор 2/XII 1968 г. Подписано к печати 14/VII 69 г.
Т-08981 Формат $84 \times 108^{1}/_{32}$ Бумага типографская № 1
Усл. печ. л. 2,52 Уч. изд. л. 3,29
Тираж 70000 экз. Цена 15 коп. Заказ 1559

Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10

г. Владимир, типография имени 50-летия Октября

ПРЕДИСЛОВИЕ

Потребность в измерительных приборах радиолюбитель начинает ощущать уже с первых шагов своей практической деятельности, когда сталкивается с необходимостью проверить исправность деталей для сборки той или иной схемы.

В этой брошюре даны описания нескольких несложных измерительных приборов, составляющих лабораторию начинающего радиолюбителя.

Какие же приборы нужны в первую очередь начинающему радиолюбителю?

Во-первых, измерители тока, напряжения и сопротивления. Эти приборы необходимы для измерения режимов работы отдельных транзисторов, ламп, проверки исправности отдельных деталей и узлов.

Во-вторых, измерительные генераторы низкой и высокой частоты. С их помощью можно проверить и улучшить работу усилителей НЧ и ВЧ, различных приемников, настроить высокочастотные контуры на требуемую частоту или установить границы диапазона принимаемых волн.

Особое место занимают приборы для проверки полупроводниковых приборов — диодов и транзисторов. Одни из них очень простые, другие более сложные, и все они предназначены для определения исправности полупроводниковых приборов.

Все эти приборы могут быть собраны из широко распространенных деталей и не требуют на изготовление больших затрат времени и средств.

ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА, НАПРЯЖЕНИЯ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Основной частью большинства приборов для измерения тока, напряжения и сопротивления является стрелочный измеритель тока магнитоэлектрической системы, в качестве которого в радиолюбительских конструкциях чаще всего используются малогабаритные щитовые микроамперметры типов М494, М24, М265 и др.

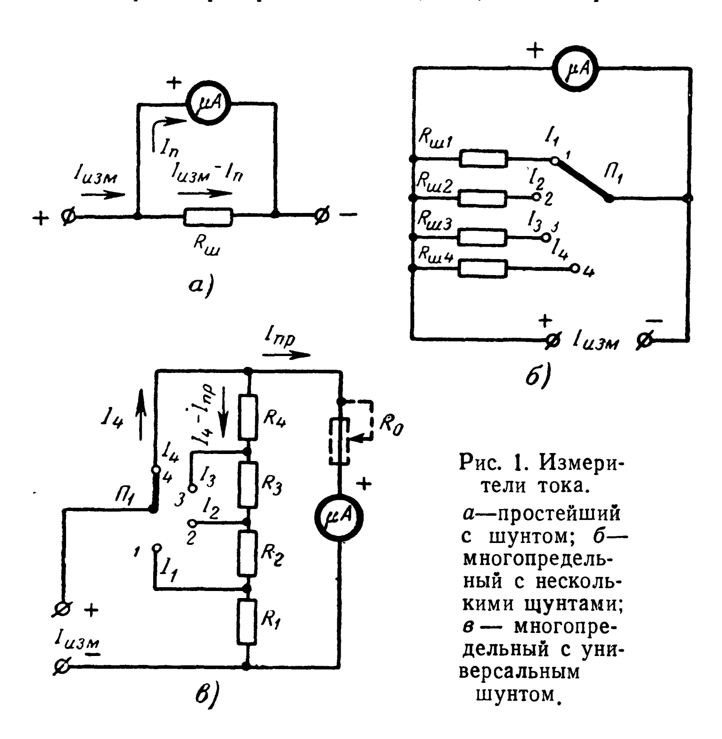


Рис. 1. Измерители тока.
а—простейший с шунтом; *б*—многопредельный с несколькими шунтами; *в* — многопредельный с универсальным шунтом.

Измерение тока. При измерении тока микроамперметр включают в цепь последовательно, а для расширения предела измерения параллельно ему подключают резистор $R_ш$, называемый шунтом (**рис. 1, *а***). Сопротивление шунта $R_ш$ подбирают так, чтобы при максимальном значении измеряемого тока $I_{изм}$ через микроампер-

метр протекал ток, равный току полного отклонения $I_{пр}$, а оставшаяся часть ($I_{изм} — I_{пр}$) протекала через шунт. Сопротивление шунта, необходимое для получения прибора с нужным пределом измерения, можно рассчитать по формуле

$$R_ш = \frac{I_{пр} R_i}{I - I_{пр}},$$

где $R_ш$ — сопротивление шунта, *ом*;

I — требуемый предел измерения, на который рассчитывается прибор, *ма;*

$I_{пр}$ — ток полного отклонения микроамперметра, *ма*;

R_i — внутреннее сопротивление микроамперметра, *ом*;

Для того чтобы получить многопредельный прибор для измерения тока, можно использовать несколько шунтов (рис. 1, *б*) или применить схему с универсальным шунтом (рис. 1, *в*), которую широко используют в измерительной технике.

Универсальный шунт состоит из нескольких последовательно соединенных резисторов, число которых равно числу пределов измерения прибора. Чем больше сопротивление части универсального шунта, включенной между входными зажимами прибора, тем меньше предел измерения. Наименьший предел измерения получается, когда подвижный контакт переключателя $П_1$ находится в верхнем по схеме положении. Сопротивления резисторов универсального шунта выбирают так, чтобы при любом положении переключателя $П_1$, когда измеренный ток $I_{изм}$ равен включенному пределу измерения $I_п$, через верхнюю часть шунта и прибор протекал ток полного отклонения $I_{пр}$, а оставшийся ток ($I_п — I_{пр}$) протекал через нижнюю часть универсального шунта. Рассчитать сопротивления резисторов универсального шунта совсем несложно.

Общее сопротивление универсального шунта, равное сумме сопротивлений входящих в него резисторов

$$R_{ш. общ} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4,$$

можно определить по формуле

$$R_{ш. общ} = R_i \frac{I_{пр}}{I_4 - I_{пр}},$$

где $R_{ш. общ}$ — общее сопротивление универсального шунта, *ом;*

I_4 — предел измерения, соответствующий положению *4* переключателя $П_1$, *ма;*

$I_{пр}$ — ток полного отклонения стрелочного прибора, *ма*;

R_i — внутреннее сопротивление стрелочного прибора, *ом.*

Чтобы иметь возможность измерять малые токи, I_4 берут в 1,1—2 раза больше $I_{пр}$. Задавшись величиной I_4 и вычислив $R_{ш. общ}$, вычисляют сопротивления остальных резисторов. При этом

$$R_1 = \frac{I_{пр}(R_{ш. общ} + R_i)}{I_1};$$

$$R_2 = \frac{I_{пр}(R_{ш. общ} + R_i) - I_2 R_1}{I_2};$$

$$R_3 = \frac{I_{пр}(R_{ш.\,общ} + R_i) - I_3(R_1 + R_2)}{I_3};$$

$$R_4 = R_{ш.\,общ} - (R_1 + R_2 + R_3),$$

где R_1—R_4 — сопротивление соответствующих резисторов универсального шунта, *ом*;

I_1—I_3 — пределы измерения, соответствующие положениям *1—3* переключателя $П_1$, *ма*.

Внутреннее сопротивление щитовых микроамперметров в большинстве случаев лежит в пределах 400—750 *ом* и может несколько отличаться у однотипных приборов с одинаковым током полного отклонения. Для того чтобы в рассчитанном приборе можно было использовать микроамперметры с заданным током полного отклонения, не отбирая их по величине внутреннего сопротивления, необходимо компенсировать это различие. Для этого последовательно с микроамперметром включают переменный резистор R_0, показанный на рис. 1, *в* пунктиром, а при расчете в формулы подставляют значение R_i, заведомо большее, чем пределы, в которых может изменяться внутреннее сопротивление прибора.

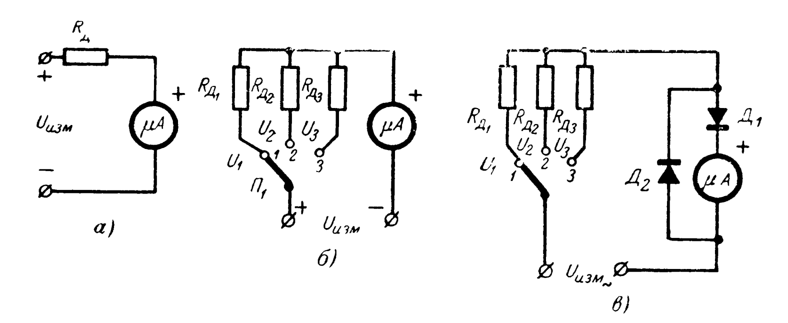


Рис. 2. Схемы вольтметров.

а—простейший с добавочным резистором; *б*—многопредельный с несколькими добавочными резисторами; *в* — многопредельный переменного тока со встречным включением выпрямительных диодов.

При налаживании сопротивление резистора R_0 устанавливают таким, чтобы в сумме с внутренним сопротивлением используемого микроамперметра оно давало значение R_i, принятое при расчете. Например, если пределы изменения внутреннего сопротивления прибора составляют 400—800 *ом*, расчетное значение R_i можно принять равным 1 *ком*, а в качестве резистора R_0 использовать потенциометр с сопротивлением не менее 600 *ом*.

Измерение напряжений. Для того чтобы микроамперметр можно было использовать для измерения напряжений, последовательно с ним включают добавочный резистор, сопротивление которого выбирают так, чтобы при наибольшем значении измеряемого напряжения через прибор протекал ток, равный току полного отклонения. Схема такого простейшего вольтметра показана на рис. 2, *а*.

Сопротивление добавочного резистора рассчитывается по формуле

$$R_д = \frac{U}{I_{пр}} - R_i,$$

где $R_д$ — сопротивление добавочного резистора, *ком*;
U — требуемый предел измеряемого напряжения, *в*;
$I_{пр}$ — ток полного отклонения прибора, *ма*;
R_i — внутреннее сопротивление прибора, *ком*.

Так как внутреннее сопротивление прибора много меньше сопротивления добавочного резистора, можно считать, что

$$R_д = \frac{U}{I_{пр}}.$$

В многопредельных вольтметрах применяется несколько добавочных резисторов, коммутируемых переключателем, как показано на рис. 2, *б*.

Внутреннее сопротивление вольтметра на данной шкале можно считать равным сопротивлению добавочного резистора. При этом внутреннее сопротивление вольтметра, приходящееся на 1 *в* шкалы, можно вычислить по формуле

$$R'_{вх} = \frac{1000}{I_{пр}},$$

где $R'_{вх}$ — внутреннее сопротивление вольтметра, приходящееся на 1 *в* шкалы, *ком/в*;
$I_{пр}$ — ток полного отклонения стрелочного прибора, *мка*.

У вольтметров, предназначенных для измерения постоянного напряжения в радиотехнических цепях, на каждый вольт шкалы должно приходиться не менее 5 *ком* внутреннего сопротивления. Для получения вольтметра с таким входным сопротивлением необходим микроамперметр с током полного отклонения не менее 200 *мка*.

Для того чтобы схему (рис. 2, *б*) использовать для измерения переменных напряжений, ток, протекающий через прибор, необходимо выпрямить. На рис. 2, *в* показана широко распространенная схема вольтметра переменного тока со встречным включением выпрямительных диодов. Ток через прибор в этой схеме проходит при положительных полупериодах, когда открыт диод $Д_1$. Диод $Д_2$ открывается в течение отрицательных полупериодов и шунтирует диод $Д_1$. Так как сопротивление диодов в прямом направлении невелико, то напряжение, приложенное к ним в течение всего времени, остается незначительным. Это позволяет применить в такой схеме диоды с малым рабочим напряжением. Сопротивление добавочных резисторов в вольтметре переменного тока обычно не рассчитывают и берут в 2—2,5 раза меньше, чем в вольтметрах постоянного тока, так как постоянная составляющая выпрямленного напряжения, которую измеряет стрелочный прибор, примерно вдвое меньше, чем эффективное значение измеряемого переменного напряжения. Выбранное сопротивление добавочного резистора уточняют при градуировке прибора.

Измерение сопротивлений. На рис. 3 изображена схема простейшего омметра со стрелочным измерителем тока. Измеряемое сопротивление R_x подключают к зажимам *1*, *2*. Сопротивление резисторов R_1 и R_2 выбирают так, чтобы при нулевом значении измеряемого сопротивления, когда зажимы *1* и *2* замкнуты накоротко, через прибор протекает ток полного отклонения, соответствующий нулю на шкале омметра.

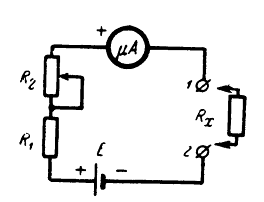


Рис. 3. Простейший омметр со стрелочным измерителем тока.

При этом

$$R_1 + R_2 = \frac{E}{I_{пр}},$$

где E — напряжение батареи, *в;*

$I_{пр}$ — ток полного отклонения прибора, *ма;*

R_1 и R_2 — сопротивления резисторов R_1, R_2, *ком.*

Переменный резистор R_2 служит для установки нуля омметра, его сопротивление выбирается равным 0,1 (R_1+R_2).

Когда измеряемое сопротивление бесконечно велико, т. е. зажимы *1* и *2* разомкнуты, ток через прибор не течет. При других значениях измеряемого сопротивления через прибор будет протекать ток I_x, равный

$$I_x = \frac{E}{R_1+R_2+R_x+R_i},$$

где I_x — ток через прибор, *ма*;

R_x — измеряемое сопротивление, *ком;*

R_i — внутреннее сопротивление прибора, *ком.*

Эта формула позволяет произвести градуировку омметра. Для этого задаются различными значениями измеряемого сопротивления R_x и вычисляют соответствующие им значения тока через прибор. Полученные значения тока наносят на шкалу прибора и против нанесенных делений проставляют соответствующие значения измеряемого сопротивления R_x. Нуль на шкале такого омметра будет располагаться справа, а вся шкала будет неравномерной. Правильные показания омметр будет давать только в том случае, если при замкнутых зажимах *1* и *2* стрелка устанавливается на нуль, поэтому правильность установки нуля омметра следует проверять перед каждым измерением и в случае необходимости устанавливать нуль переменным резистором R_2. Если с помощью переменного резистора R_2 установить нуль омметра не удается, то это означает, что напряжение батареи мало и ее необходимо сменить.

ПРОСТОЙ ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ТЕСТЕР

Изготовление отдельных приборов для измерения тока, напряжения и сопротивления нецелесообразно. Гораздо удобнее иметь универсальный комбинированный прибор, позволяющий измерять все эти величины. Такой прибор, называемый тестером или авометром, представляет собой комбинацию рассмотренных схем и является важнейшим прибором каждого радиолюбителя.

В этой главе рассматриваются схема и конструкция простого любительского тестера, который позволяет измерять: постоянное напряжение на шкалах 0—10, 0—100 и 0—300 *в;* переменное напряжение в диапазоне частот от 50 до 5000 *гц* на шкалах 0—10, 0—100, 0—300 *в*; постоянный ток на шкалах 0—0,12, 0—10, 0—50, 0—100 *ма*; сопротивления от 500 *ом* до 500 *ком.*

Внутреннее сопротивление тестера при измерении постоянного напряжения составляет 8,3 *ком/в,* что вполне достаточно для большинства радиотехнических измерений.

При тщательном изготовлении и градуировке погрешность тестера при измерении токов и напряжениий не превышает 5—6%.

Принципиальная схема тестера приведена на рис. 4. В тестере применен микроамперметр М494, ток полного отклонения которого 100 *мка.* По существу принципиальная схема представляет собой комбинацию схем для измерения тока, напряжения и сопротивления, рассмотренных в предыдущей главе. Переход от одной схемы к другой осуществляется переключателем $П_1$. Если проследить путь тока по принципиальной схеме при различных видах измерений, то легко прийти к соответствующим схемам, которые на рис. 4 обведены кружками.

Для измерения постоянного тока используется универсальный шунт из резисторов R_4—R_7. Схема, получающаяся при этом, полностью соответствует изображенной на рис. 1, *в*, так как диоды $Д_1$ и $Д_2$ при измерении сопротивления, постоянных тока и напряжения закрыты и на работу схемы влияния не оказывают. Расчетное значение внутреннего сопротивления микроамперметра с учетом введенной части переменного резистора R_{11} принято равным 800 *ом.* Соответствующие схемы при измерении постоянных и переменных напряжений отличаются от схем, приведенных на рис. 2, *б* и *в* тем, что параллельно микроамперметру подключен универсальный шунт, поэтому в формулах для расчета сопротивлений добавочных резисторов R_1—R_3 ток полного отклонения микроамперметра следует брать равным нижнему пределу схемы с универсальным шунтом, т. е. 0,12 *ма.* Такую же величину тока полного отклонения следует принять и в формулах для расчета сопротивлений R_{12} и R_{13}.

Детали. Прибор собирают из готовых деталей, за исключением резисторов R_4—R_6 универсального шунта, которые придется изготовить самостоятельно.

Постоянные резисторы, используемые в приборе, кроме R_4 и R_5, типа ВС-0,25. Для облегчения подбора деталей добавочные резисторы вольтметров R_1—R_3 и R_8—R_{10}, а также резистор R_7 универсального шунта составляют из двух последовательно соединенных резисторов, один из которых (обозначенный звездочкой) подбирается. Разумеется, не обязательно, чтобы номиналы резисторов каждой пары совпадали с указанными на схеме, важно лишь, чтобы сумма их сопротивлений равнялась расчетному сопротивлению, указанному в скобках. Например, резистор R_{10} сопротивлением в 2,5 *Мом* можно составить из двух резисторов сопротивлением 2,2 и 0,3 *Мом* или 1,2 и 1,3 *Мом,* или 2,0 и 0,51 *Мом* и т. д.

Резисторы R_4 и R_5 наматывают на резисторах типа ВС-0,25 (сопротивлением не менее 1 *ком*) проводом с высоким удельным сопротивлением (константан, нихром и др.) диаметром не менее 0,15 *мм.* Можно использовать провод от проволочных потенциометров.

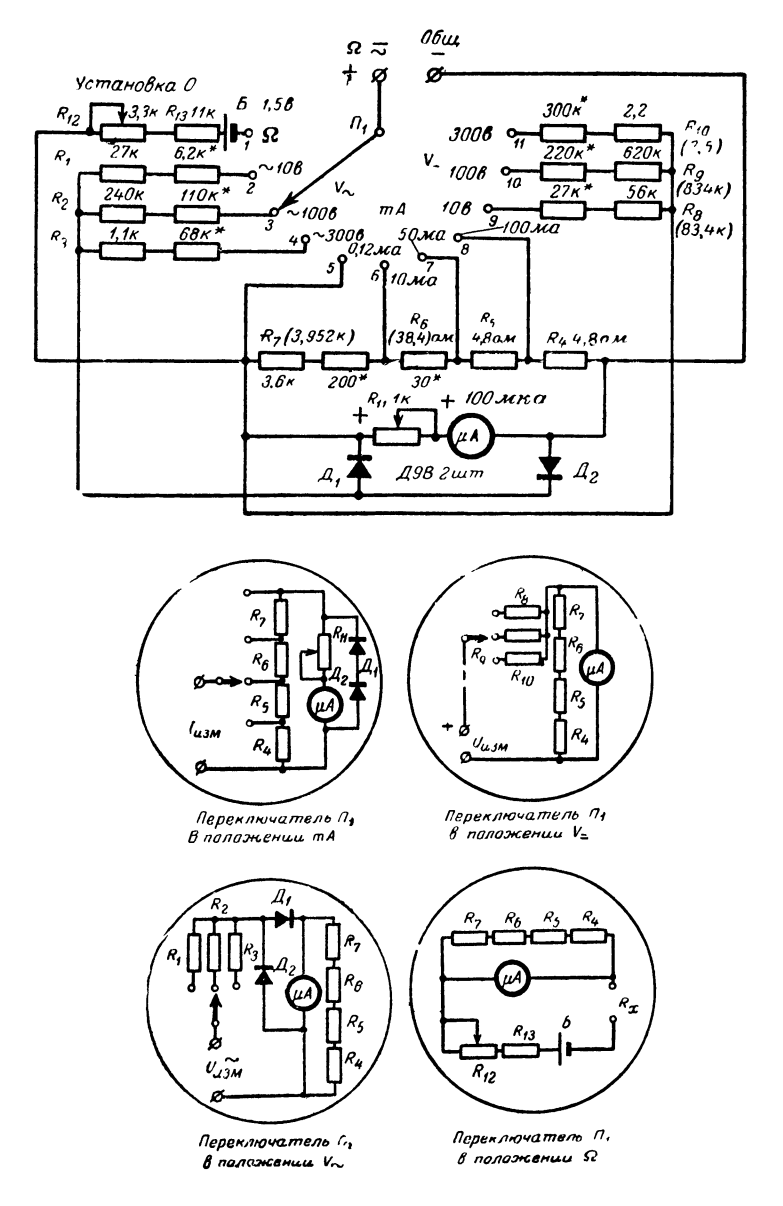


Рис. 4. Принципиальная схема простого любительского тестера

Сначала определяют длину провода, необходимую для получения нужного сопротивления. Проще всего это сделать, измерив с помощью моста сопротивление куска провода, длина которого известна. Если кусок провода длиной l_1 имеет сопротивление R_1, то длина провода l, необходимая для намотки сопротивления R, может быть определена по формуле

$$l = l_1 \frac{R}{R_1},$$

где l — необходимая длина провода, *мм*;

R — необходимое сопротивление резистора, *ом*;

l_1 — длина куска провода, *мм*;

R_1 — измеренное сопротивление куска провода, *ом*.

Вычислив нужную длину провода и отрезав от него кусок с небольшим запасом, наматывают резистор. Так как сопротивления резисторов R_3 и R_4 равны, то куски провода для их изготовления будут иметь одинаковую длину. Измеряя сопротивление намотанного резистора с помощью моста, окончательно подбирают нужную длину провода.

В крайнем случае вместо измерительного моста можно использовать фабричный тестер. Так как тестером нельзя измерять сопротивления малой величины, поступают следующим образом. Берут кусок провода достаточной длины и измеряют тестером его сопротивление. Постепенно укорачивая длину провода, добиваются, чтобы его сопротивление было в точности равно целому числу ом, отмеченному на шкале фабричного тестера. Длину получившегося провода тщательно измеряют. После этого нужная длина провода может быть вычислена по той же формуле, что и при использовании моста. Обрезав кусок провода нужной длины с небольшим припуском (5—6 *мм*) на подпайку концов, производят намотку резистора. Например, если тестер показывает сопротивление в 40 *ом*, когда длина провода равняется 1 260 *мм*, то для получения резистора R_5 сопротивлением 4,8 *ом* необходим кусок провода длиной

$$l = \frac{1260 \cdot 4{,}8}{40} = 151 \text{ мм}.$$

Полагая, что на подпайку концов пойдет по 3 *мм*, следует отрезать кусок провода длиной 157 *мм*.

Резисторы, изготовленные таким способом, будут уступать по точности резисторам, сопротивление которых подогнано с помощью моста, но, как показывает практика, при тщательном и аккуратном выполнении их можно использовать в любительской аппаратуре.

Резистор R_6 изготовляется из резистора ВС-0,25 с номиналом 30 *ом*. Подключив резистор к измерительному мосту или, в крайнем случае, измеряя его сопротивление фабричным тестером, аккуратно счищают токопроводящий слой мелким бруском до получения сопротивления нужной величины. Изготовив резисторы R_4—R_6, подбирают резистор R_7 так, чтобы его величина равнялась указанной в скобках или по возможности была близка к ней. Добавочные резисторы R_1—R_3 и R_8—R_{10} подбирают при налаживании прибора.

В качестве переключателя в тестере использован одноплатный переключатель типа 11П1Н (11 положений, 1 направление). Переменные резисторы—типа СП. Выпрямительные диоды—типа Д9В, можно применить и диоды Д9 с другими буквенными обозначения-

ми, однако при этом может оказаться необходимым изменить номиналы резисторов R_1, R_2, R_3. В качестве батареи *Б* использован один элемент 1,3-ФМЦ-0,25 (ФБС-0,25).

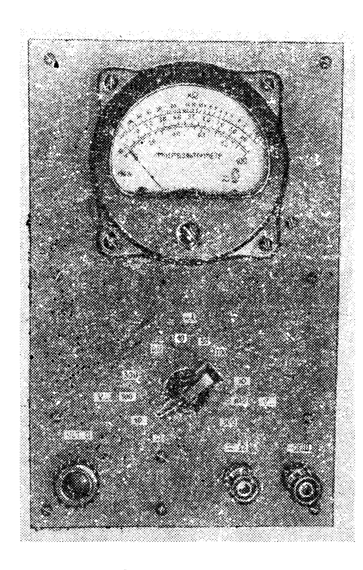


Рис. 5. Внешний вид передней панели тестера.

Конструкция. Лицевая панель тестера размером 130×200 *мм* изготовлена из органического стекла толщиной 3 *мм.* Внешний вид панели показан на рис. 5, а ее чертеж—на рис. 6. Размещение деталей с обратной стороны лицевой панели показано на рис. 7. Переключатель $П_1$, постоянные резисторы универсального шунта, добавочные резисторы вольтметров, а также выпрямительные диоды $Д_1$ и $Д_2$ смонтированы на гетинаксовой плате размерами 118×68×2 *мм.*

Для монтажа использованы стойки из кусочков медного провода диаметром 1 *мм* и высотой около 6 *мм,* вставленные в отверстия на плате с небольшим трением. Чертеж платы показан на рис. 8. Плата прикреплена к передней панели с помощью четырех винтов с гайками. Винты пропущены сквозь втулки, отделяющие плату от передней панели на расстояние 5 *мм.* Батарея омметра расположена на отдельной гетинаксовой пластинке (рис. 9) размерами 42×28 *мм* с прикрепленными к ней двумя контактами и держателем, изготовленными из гартованной латуни. Для крепления верхней панели по углам в верхней части футляра вклеены четыре уголка с резьбовыми отверстиями.

Налаживание. Налаживать тестер лучше всего в лаборатории, используя точные (класса 0,5 или 1,0) приборы и источники с регулируемыми величинами постоянных и переменных напряжений. Учитывая, что такая возможность имеется не у каждого радиолюбителя, мы рассмотрим более доступный способ налаживания, когда вместо точного прибора используется фабричный тестер, в качестве источников напряжения используются батареи и сеть переменного тока, а для изменения токов и напряжений при калибровке используются переменные резисторы.

Налаживание изготовленного прибора при измерении постоянных токов и напряжений сводится к подбору сопротивлений добавочных резисторов и резисторов универсального шунта так, чтобы показания эталонного и изготовленного приборов совпадали в одной, обычно крайней, точке шкалы. Производить градуировку в остальных точках шкалы нет необходимости, так как при измерении постоянных токов и напряжений угол отклонения рамки микроамперметра магнитоэлектрической системы прямо пропорционален их величинам, и шкала тестера будет совпадать со шкалой микроамперметра.

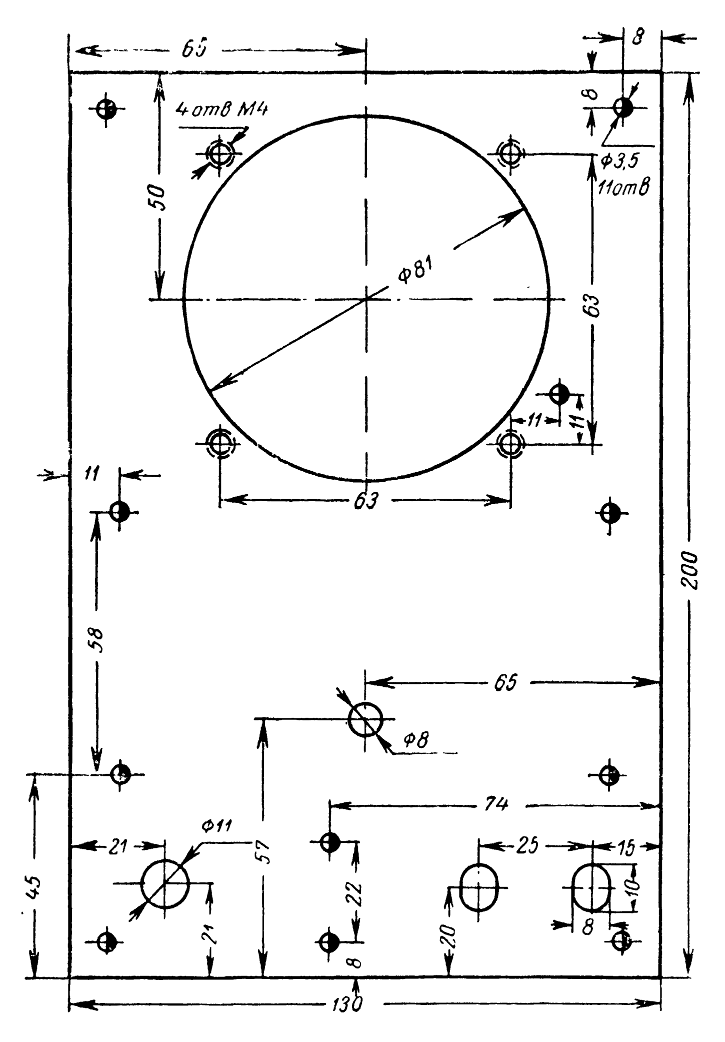


Рис. 6. Чертеж передней панели тестера.

При измерении переменного напряжения и сопротивления необходима градуировка всей шкалы, так как в этом случае нет прямой пропорциональности между углом отклонения и измеряемыми величинами и пользоваться для отсчета этих величин равномерной шкалой микроамперметра нельзя.

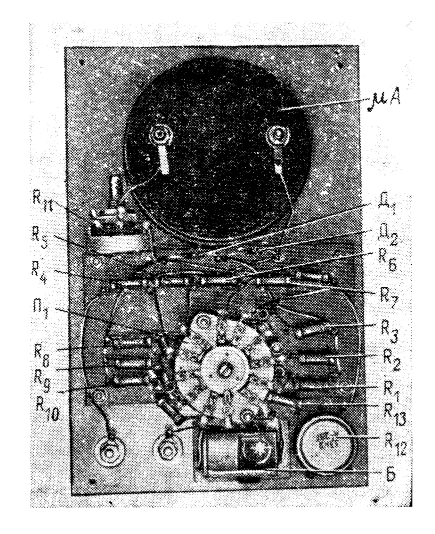


Рис. 7. Размещение деталей на обратной стороне лицевой панели.

Налаживание изготовленного тестера начинают с проверки работы миллиамперметра. Для этого собирают схему (рис. 10), где $М_1$—изготовленный прибор, а $М_2$—фабричный прибор. Батарея *Б*

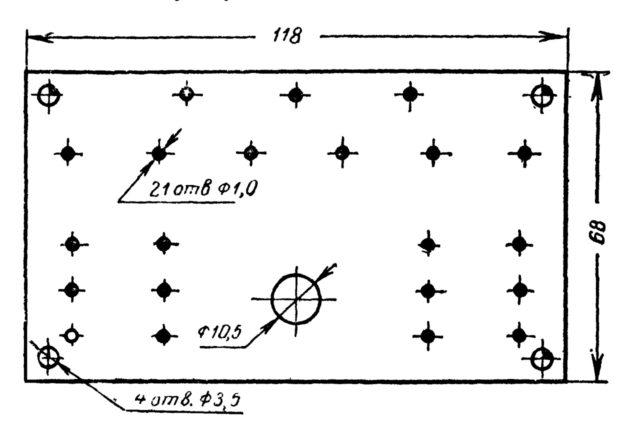


Рис 8. Чертеж платы тестера.

составлена из двух батарей для карманного фонаря КБС-Л-0,5. Сопротивления резисторов R_1 и R_2, необходимые при градуировке различных шкал, указаны в таблице.

Шкала, *а*	R_1	R_2
0,12	360 *ком*	33 *ком*
10	5,1 *ком*	470 *ом*
50	470 *ом*	62 *ом*
100	470 *ом*	30 *ом*

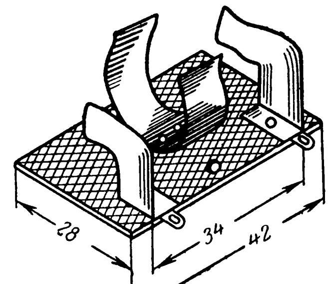


Рис. 9. Плата для крепления батареи.

Перед тем как подключать батареи, следует убедиться, что движок потенциометра R_1 стоит в крайнем левом (по схеме) положении.

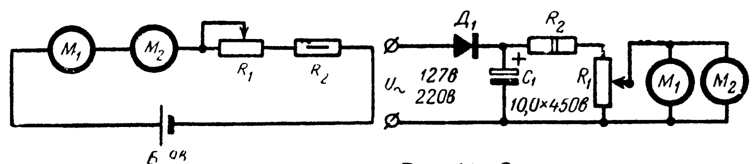


Рис. 10. Схема для налаживания миллиамперметра.

Рис. 11. Схема для налаживания вольтметра постоянного тока.

Налаживание начинают со шкалы 0,12 *ма*. Собрав схему, потенциометром R_1 по шкале фабричного прибора устанавливают ток, равный 0,12 *ма*. Вращая ось потенциометра R_{11} изготовленного тестера, добиваются, чтобы показания обоих приборов совпадали. Если при вращении потенциометра R_{11} показания фабричного тестера изменяются, то их снова восстанавливают потенциометром R_1. Добившись, чтобы оба прибора показывали 0,12 *ма*, переходят к проверке шкалы 10 *ма*. Установив в схему резисторы нужного сопротивления и установив потенциометром R_1 ток через эталонный прибор, равный 10 *ма*, записывают показания изготовленного тестера. Можно считать допустимым, если показания фабричного и изготовленного приборов различаются не более чем на 3—4%. Таким же способом производят проверку шкал 50 и 100 *ма*. Закончив проверку миллиамперметра, фиксируют выбранное положение оси потенциометра R_{11} с помощью стопорного винта или несколькими каплями краски или клея БФ-2.

При налаживании вольтметра постоянного тока используют схему (рис. 11). Здесь в качестве источника постоянного напряже-

ния используется выпрямленное напряжение сети. Необходимые сопротивления резисторов приведены в таблице.

Шкала, *в*	R_1, *ком*	R_2, *ком*	
		$U_\sim$ 127 *в*	$U_\sim$ 220 *в*
10	5,1	75	130
100	62	36	110
300	62	36	100

При напряжении сети $U_\sim$=127 *в* в качестве диода $Д_1$ используют один диод типа Д7Ж, а при напряжении сети $U_\sim$=220 *в* два таких диода, соединенных последовательно.

Налаживание вольтметра начинают со шкалы 10 *в*. Установив с помощью потенциометра R_1 по шкале эталонного прибора напряжение 10 *в*, с помощью добавочного резистора добиваются равенства показаний обоих приборов. После этого переходят к налаживанию 100- и 300-вольтовых шкал. Так как напряжение сети недостаточно для получения напряжения 300 *в*, то налаживание 300-вольтовой шкалы ведется по совпадению показаний приборов при напряжении 100 *в*.

Для налаживания вольтметра переменного тока собирают схему (рис. 12). Необходимые сопротивления резисторов приведены в таблице.

Шкала, *в*	R_1, *ком*	R_2, *ком*	
		U 127 *в*	$U_\sim$ 220 *в*
10	5,1	51	91
100	62	9.1	62
300	62	16	82

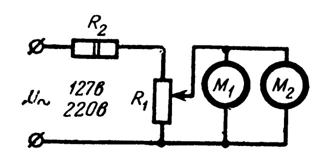


Рис. 12. Схема для налаживания вольтметра переменного тока.

Налаживание начинают со шкалы 10 *в*. Подбором добавочного резистора R_1 добиваются того, чтобы при показании эталонного вольтметра, соответствующем 10 *в*, стрелка прибора изготовленного тестера отклонялась на полную шкалу. Добившись нужного положения стрелки, приступают к градуировке прибора.

Изменяя потенциометром R_1 переменное напряжение через каждые 0,5 *в*, записывают показания тестера в делениях шкалы микроамперметра.

Градуировку на шкалах 100 и 300 *в* можно не производить, так как она достаточно хорошо совпадает с градуировкой 10-вольтовой шкалы. Налаживание 100-вольтовой шкалы сводится к соответствующему подбору добавочного резистора R_2. Подбор резистора R_{10} для шкалы 300 *в* производится при напряжении 90 *в*. При этом стрелка тестера должна занять положение, соответствующее 3 *в* на 10-вольтовой шкале.

Так как детали схем (рис. 11 и 12) находятся под высоким напряжением, работать с этими схемами надо очень осторожно, строго соблюдая правила техники безопасности: всякие изменения в

схеме, в том числе и перепаивание добавочных резисторов тестера, можно производить только при отключенном напряжении сети, разрядив конденсатор C_1 в схеме (рис. 11). Разрядить конденсатор можно, замыкая его выводы отверткой с хорошо изолированной ручкой.

Градуировку омметра производят, используя зависимость величины тока, протекающего через прибор, от измеряемого сопротивления, которая в нашем случае выражается формулой

$$A_x = \frac{15000}{(12{,}5+R_x)\,12},$$

где R_x — измеряемое сопротивление, *ком*;

A_x — показание тестера, в делениях шкалы микроамперметра.

Задаваясь значениями R_x, вычисляют соответствующие им отклонения A_x.

Теперь остается изготовить шкалу тестера, вычертив ее на плотной бумаге тушью и наклеив на шкалу микроамперметра.

Сначала следует вычертить шкалу постоянных напряжений и токов. Ее деления должны строго совпадать с делениями шкалы микроамперметра. Для этого надо снять шкалу микроамперметра и остро отточенным карандашом аккуратно перенести на кальку ее контуры, деления, а также положения отверстий для установочных винтов. Затем с помощью этой кальки изготовляют шкалу тестера. Деления на шкалах переменного напряжения и омметра наносятся в соответствии с полученными записями при градуировке. Общий вид изготовленной шкалы тестера показан на рис. 13. Если нельзя

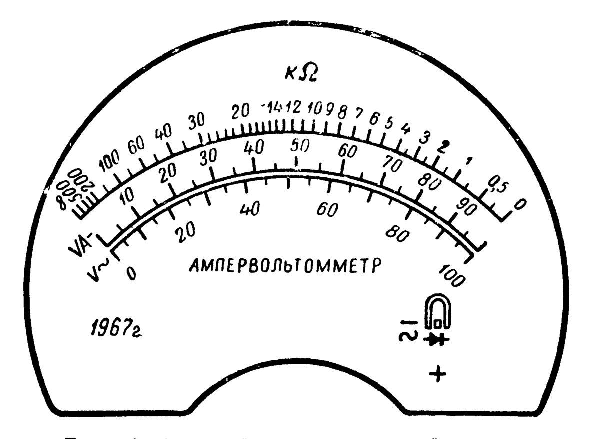


Рис. 13. Внешний вид самодельной шкалы тестера.

найти микроамперметр, указанный в описании, то для изготовления тестера можно с успехом использовать любой другой микроамперметр.

Принципиальная схема тестера при этом останется без изменений, а номиналы деталей следует рассчитать по формулам, приведенным в гл. 1, с учетом указаний, данных в начале этой главы.

ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР НА ТРИ ФИКСИРОВАННЫЕ ЧАСТОТЫ

Принципиальная схема звукового генератора на три фиксированные частоты 250, 1 000, 3 000 *гц* приведена на рис. 14.

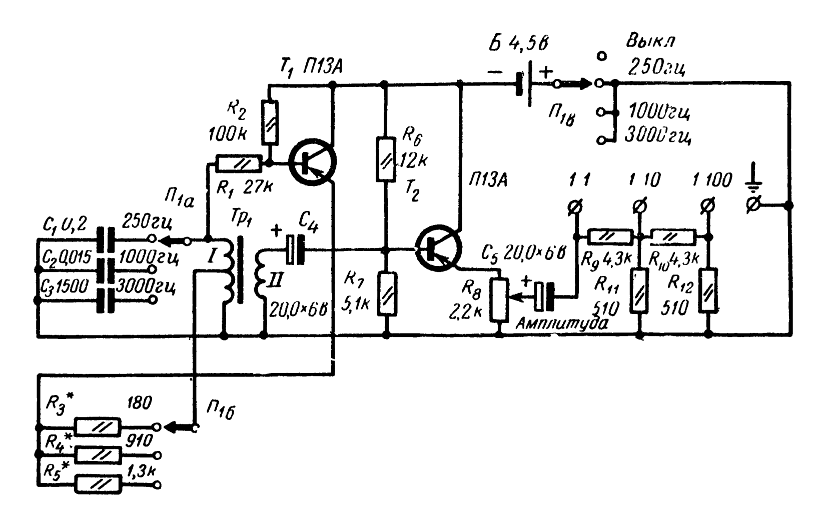


Рис. 14. Принципиальная схема звукового генератора.

Две крайние частоты примерно соответствуют границам, а частота 1000 *гц*—середине полосы пропускания усилителей низкой частоты малогабаритных транзисторных приемников, для налаживания которых в основном и предназначен этот генератор. Выходное напряжение генератора можно регулировать в пределах 0—0,5 *в*.

Звуковой генератор собран на двух транзисторах. Задающий генератор собран по трехточечной схеме с общим коллектором на транзисторе T_1.

В качестве катушки в колебательном контуре генератора использован согласующий трансформатор от малогабаритных транзисторных приемников $Тр_1$.

Частота генерируемых колебаний определяется в основном индуктивностью первичной обмотки *I* и емкостью одного из конденсаторов C_1, C_2, C_3, подключаемых параллельно обмотке переключателем $П_1$.

Резисторы R_1—R_5 обеспечивают необходимый режим транзистора по постоянному току.

Форма генерируемых колебаний в значительной степени зависит от сопротивлений эмиттерных резисторов R_3—R_5, которые подбирают при налаживании. При правильном их подборе форма колебаний почти не отличается от синусоиды.

Выходное напряжение генератора снимается с *II* обмотки трансформатора и поступает на эмиттерный повторитель (транзистор T_2), который обладает большим входным и малым выходным со-

противлениями, благодаря чему напряжение на выходе прибора слабо зависит от подключенной к нему нагрузки.

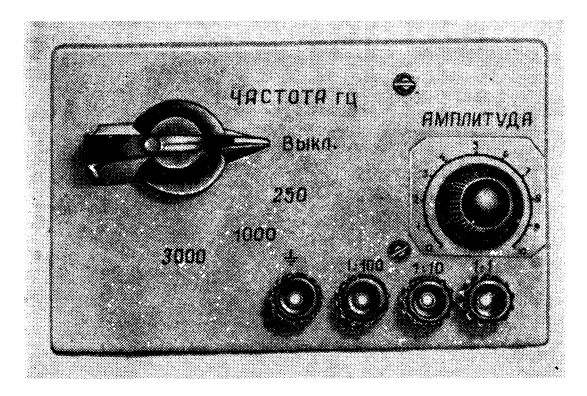


Рис. 15. Внешний вид звукового генератора.

Нагрузка эмиттерного повторителя—потенциометр R_8, позволяющий плавно регулировать выходное напряжение прибора. Для получения малых величин выходного напряжения на выходе схемы имеется ступенчатый делитель R_9—R_{12} с коэффициентом передачи 1 : 10 и 1 : 100. Питается генератор от трех элементов ФБС-0,25, включенных последовательно; общий ток, потребляемый генератором, не превышает 2 *ма*.

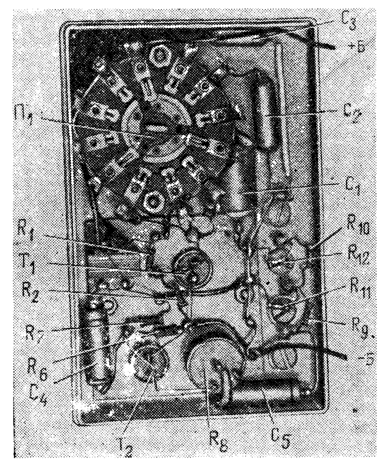
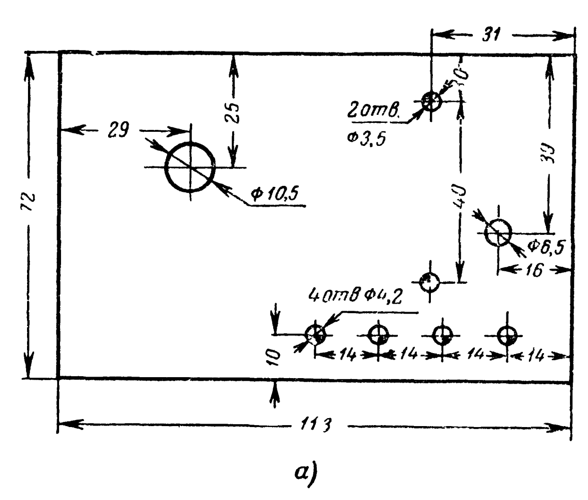


Рис. 16. Расположение деталей в корпусе генератора.

Детали и конструкция. Звуковой генератор собран целиком из готовых деталей. В качестве переключателя $П_1$ используется переключатель 3П3Н, в котором стопорное кольцо устанавливают так, чтобы ось имела четыре фиксированных положения. Четвертое холостое положение используют для выключения источников питания (положение «Выключено») Выступ стопорного кольца, обращенный к передней панели, срезают. Выходные зажимы в генераторе использованы от детского электроконструктора; их можно заменить самодельными, изготовленными из винтов М4 длиной около 10 *мм*

Вся конструкция помещена в футляр для транзисторного приемника размерами 115×72×35 *мм*. Внешний вид генератора показан на рис. 15.

Детали генератора расположены на нижней крышке футляра, дно которого служит лицевой панелью прибора (рис. 16). На верхней крышке футляра вдоль широкой стенки расположены батареи питания. Положение отверстий в передней панели прибора показано на рис. 17, *а*.



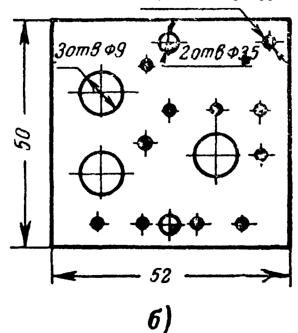


Рис. 17. Чертежи передней панели звукового генератора (*а*) и платы звукового генератора (*б*)

Транзисторы T_1, T_2, трансформатор Tp_1, конденсатор C_4 и резисторы R_1—R_8 смонтированы на гетинаксовой плате, чертеж которой дан на рис. 17, *б*. Вместо монтажных стоек использованы кусочки медного провода диаметром 1—2 *мм*, выступающие с одной стороны платы.

Плата прикреплена к передней панели с помощью двух винтов. Отверстия для этих винтов следует сверлить по месту, т. е. разметив их по соответствующим отверстиям на лицевой панели генератора.

Для предотвращения перемещения батарей использована поло-

ска поролона или губки размерами 90×15 *мм* и толщиной 3—4 *мм*, которая прижимает батареи при закрывании крышки корпуса.

Налаживание прибора заключается в выборе нужных величин эмиттерных резисторов R_3—R_5.

Проще всего это сделать, заменив подбираемый резистор потенциометром сопротивлением 2—2,2 *ком* и подключив на выход прибора (зажимы 1·1) головные телефоны.

Включив звуковой генератор и поставив потенциометр R_8 в положение максимального выходного напряжения, медленно вращают подключенный потенциометр до тех пор, пока генератор не возбудится и в телефоне не будут слышны колебания соответствующего тона. Отпаяв потенциометр и измерив сопротивление введенной части, заменяют его постоянным резистором, сопротивление которого должно быть на 5—10% меньше, чем измеренное. Если имеется возможность произвести налаживание генератора в лаборатории, то подбор эмиттерных сопротивлений ведут, наблюдая за формой выходного напряжения на экране осциллографа. Подобрав нужные величины резисторов, измеряют частоту генерируемых колебаний. В случае, если ее значение отличается от указанного в описании, необходимо подобрать емкость соответствующих конденсаторов C_1—C_3.

ПРОСТОЙ ГЕНЕРАТОР ВЧ СИГНАЛОВ

Принципиальная схема генератора ВЧ сигналов, перекрывающего диапазон частот от 200 до 800 *кгц*, изображена на рис. 18. Ма-

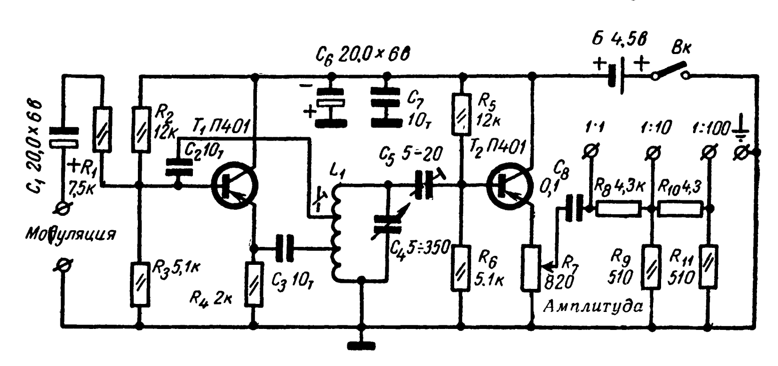


Рис. 18. Принципиальная схема генератора стандартных сигналов.

ксимальное выходное напряжение генератора составляет около 0,1 *в*. Колебания генератора можно промодулировать с помощью внешнего источника, в качестве которого можно использовать описанный выше звуковой генератор.

В этой схеме, как и в предыдущей, использованы два транзистора. Собственно генератор собран по схеме индуктивной трехточки с общим коллектором на транзисторе T_1.

Контур генератора состоит из катушки L_1 и конденсатора переменной емкости C_4, с помощью которого можно

менять частоту генерируемых колебаний. Модуляция генератора осуществляется изменением напряжения на базе транзистора T_1. Внешнее модулирующее напряжение подается на базу через цепочку R_1C_1. Высокочастотные колебания с контура L_1C_4 подаются через полупеременный конденсатор C_5 на базу транзистора T_2. Нагрузкой эмиттерного повторителя служит потенциометр R_7, с помощью которого можно регулировать амплитуду выходного напряжения.

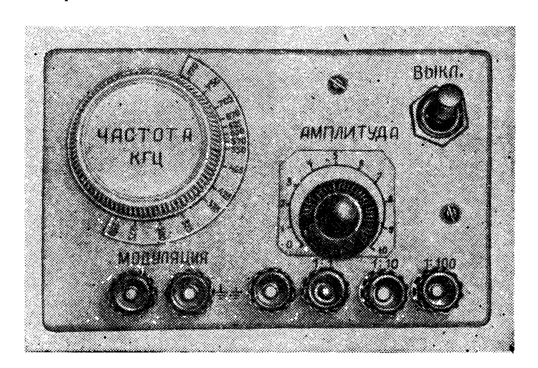


Рис. 19. Внешний вид генератора стандартных сигналов.

Для получения малых высокочастотных напряжений на выходе генератора включен ступенчатый делитель с коэффициентом деления 1:10 и 1:100.

Рис. 20. Расположение деталей в корпусе генератора стандартных сигналов.

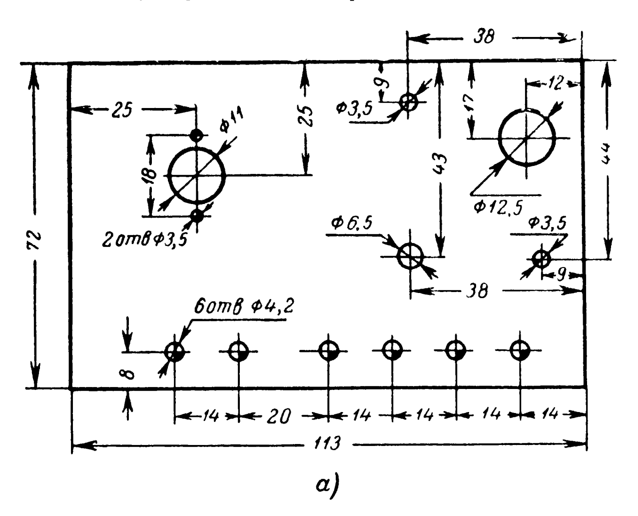
Для питания генератора использованы батарея из трех элементов ФБС-0,25. Ток, потребляемый генератором от батареи, составляет 2,5 *ма*.

Детали и конструкция. Для сборки генератора использованы в основном готовые детали.

Единственная самодельная деталь — катушка L_1. Для настройки катушки L_1 использован сердечник, изготовленный из куска ферритового стержня магнитной антенны длиной около 20 *мм* и диаметром 7—8 *мм* из материала Ф-600 или Ф-1000. Каркас для катушки склеен из двух-трех слоев бумаги; его диаметр взят равным диаметру сердечника, а длина—20 *мм*. Катушка намотана внавал проводом ПЭ-0,12 и содержит 6+12+190

витков, считая от заземленного конца Ширина намотки, равная 10 *мм,* ограничена кольцами из резины, хлорвинила или картона.

Конструкция генератора стандартных сигналов во многом похожа на конструкцию описанного выше звукового генератора. Внешний вид генератора показан на рис. 19.



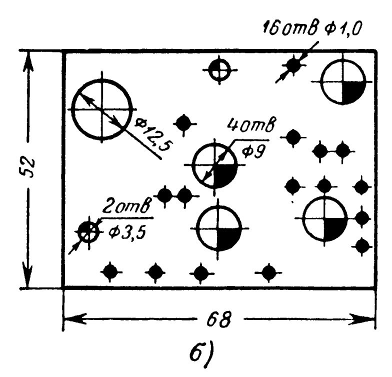


Рис. 21 Чертежи лицевой панели генератора (*а*) и монтажной платы (*б*).

Расположение деталей в корпусе генератора стандартных сигналов показано на рис. 20. На рис. 21, *а* показана разметка отверстий в лицевой панели.

Транзисторы T_1, T_2, резисторы R_1—R_7, конденсаторы C_2—C_8 и тумблер *Вкл* смонтированы на гетинаксовой панели, чертеж которой показан на рис 21, *б*.

Налаживание. Налаживание собранного генератора начинают с проверки наличия генерации.

Установив минимальную емкость разделительного конденсатора C_5 и вставив катушку L_1 сердечник наполовину его длины, включают генератор и с помощью тестера измеряют коллекторный ток транзистора T_1. Если генератор работает, то закорачивание выводов переменного конденсатора C_4 должно вызывать хотя бы незначительное изменение измеряемого тока. Чем больше изменение коллекторного тока транзистора T_1, тем больше амплитуда генерируемых колебаний. Генерацию проверяют при всех положениях оси переменного конденсатора C_4. В лабораторных условиях наличие генерации проще всего проверить с помощью осциллографа, полоса пропускания которого должна быть не менее 1 *мгц*. Колебания с выхода генератора подают на вход *Y*, и если генерация есть, то на экране осциллографа будет видна синусоида, по размаху которой можно определить амплитуду генерируемых колебаний. Для измерения амплитуды можно использовать высокочастотную детекторную головку, которую подключают к любительскому тестеру.

Убедившись, что генерация есть, переходят к подбору емкости разделительного конденсатора C_5. Емкость разделительного конденсатора желательно выбрать такой, чтобы при перестройке конденсатора C_4 амплитуда генерируемых колебаний изменялась в возможно меньших пределах.

После этого приступают к градуировке генератора. На боковой поверхности ручки переменного конденсатора краской наносят риску, которая будет служить указателем частоты генерируемых колебаний.

Градуировку генератора лучше всего произвести, измеряя частоту генерируемых колебаний с помощью волномера. В крайнем случае для градуировки генератора можно воспользоваться радиовещательным приемником, соединив выход генератора с гнездом антенны через конденсатор емкостью 100—200 *пф*. В этом случае приемник настраивают на частоту генератора и ее значение определяют по шкале приемника.

Момент точной настройки можно определить по оптическому индикатору или, промодулировав генератор от внешнего источника, по максимальной громкости модулирующего тона, слышимого в громкоговорителе. Градуировку изготовленного генератора начинают с подбора требуемого значения нижней генерируемой частоты. Для этого устанавливают емкость переменного конденсатора максимальной и, изменяя положение сердечника катушки L_1, добиваются того, чтобы генерируемая частота равнялась 180—200 *кгц*.

Затем измеряют значения генерируемой частоты, соответствующие различным положениям риски на ручке конденсатора C_4. Измеренные значения затем наносят на шкалу генератора. Этим налаживание прибора заканчивается.

ПРОСТЕЙШИЙ ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

В процессе конструирования или ремонта различных транзисторных устройств радиолюбитель сталкивается с необходимостью проверки транзисторов на работоспособность. Это объясняется тем, что транзисторы, как и многие другие полупроводниковые приборы, например диоды, весьма чувствительны к перегрузкам тока и

напряжения. Как правило, даже кратковременные перегрузки выводят транзистор из строя, а определить неисправный транзистор не так-то просто. Правда, если имеются внешние механические повреждения, например обрыв одного или нескольких выводов, то такой транзистор можно обнаружить уже при внешнем осмотре монтажа. В большинстве случаев неисправность транзистора связана с повреждением его кристаллической структуры, поэтому внешний осмотр ничего не дает. Как же проверить исправность транзистора?

В таких случаях на помощь радиолюбителю приходят различные измерительные приборы, из которых самыми подходящими являются испытатели транзисторов. Об исправности транзисторов можно судить по показаниям стрелочного прибора либо свечению специальной сигнальной лампочки, а в некоторых испытателях по звуковому сигналу, подаваемому громкоговорителем. Есть среди них простые и сложные, дешевые и дорогие. У каждого из приборов есть свои достоинства и недостатки.

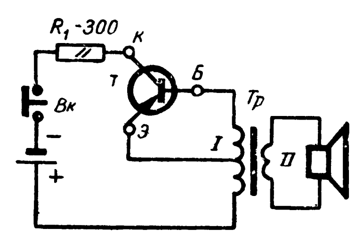


Рис. 22. Принципиальная схема простейшего испытателя низкочастотных транзисторов.

Все это нужно учитывать, так как при неправильном или неумелом применении измерительных приборов можно не только не получить каких-либо полезных данных, а даже вывести проверяемый транзистор из строя.

Поэтому на первых порах радиолюбительской практики лучше всего пользоваться испытателем, который не может привести к выходу из строя даже самого маломощного транзистора в случае неправильного включения его в испытатель.

Одним из главных условий долговечной и безотказной работы транзистора является работа с очень малыми токами и напряжениями. При соблюдении этого условия как неправильное включение выводов транзистора, так и неправильное включение источника питания не могут повредить транзистор. Правда, при этом значительно ухудшаются усилительные свойства транзистора, но для испытания на работоспособность это несущественно. Главное—проверить, обладает транзистор усилением или нет.

Принципиальная схема простейшего испытателя транзисторов со звуковой индикацией приведена на рис. 22. Испытатель состоит из одного гальванического элемента *Б* напряжением 1,3—1,5 *в*, резистора R_1, низкочастотного трансформатора *Тр*, динамического громкоговорителя *Гр* и кнопки *Вк*. Испытуемый транзистор подключают выводами к соответствующим клеммам *Э*—эмиттер, *Б*—база и *К*—коллектор.

Если транзистор исправен и обладает усилением, то при нажатии кнопки *Вк* в трансформаторе возникают непрерывные электрические колебания низкой частоты, около 1—3 *кгц*. Возникновение этих колебаний обусловлено тем, что транзистор и трансформатор включены таким образом, что образуют генератор электрических колебаний по схеме «трехточки», который работает следующим образом. При включении питания в цепи эмиттера транзистора появляется ток $i_э$. Этот ток, проходя по первой половине первичной

обмотки трансформатора, создает на второй половине этой же обмотки напряжение $U_б$. Полярность этого напряжения такова, что в цепи базы появляется ток базы $i_б$. В свою очередь появление тока базы приводит к увеличению тока эмиттера на величину

$$i_э = (1+B)i_б ,$$

где B—коэффициент усиления транзистора, который показывает, во сколько раз изменение тока коллектора $i_к$ больше вызвавшего его изменения тока базы i

$$B = \frac{i_к}{i_б} .$$

Токи транзистора ограничены сопротивлением резистора R_1 и напряжением батареи $Б$. После того как токи транзистора достигнут своего максимального значения, начинается процесс их уменьшения. Такое периодическое увеличение и уменьшение тока в трансформаторе, называемое генерацией, поддерживается непрерывно, если транзистор исправен. У исправных транзисторов коэффициент B обычно находится в пределах от 10 до 300—500. Правда, столь низкое напряжение питания (всего 1,3—1,5 *в* вместо 5—10 *в*) приводит к уменьшению коэффициента B в несколько раз. Но все же коэффициент B исправных транзисторов составляет по крайней мере несколько единиц, что вполне достаточно для возникновения и поддержания колебаний генератора.

О наличии электрических колебаний можно судить по характерному звуку высокого тона, подаваемому громкоговорителем, звуковая катушка которого подключена ко вторичной обмотке трансформатора. При подключении неисправного транзистора колебания не возникают.

Детали и конструкция прибора. В качестве трансформатора *Тр* можно использовать выходной трансформатор практически от любого транзисторного приемника, например «Сокол», «Мир», «Альпинист» и т. д., или сделать самому. Для этого необходимо подобрать малогабаритный сердечник из пермаллоя (Ш6×4 или Ш6×6) или из стали (Ш12×8 или Ш12×12). На его средний стержень надевают картонную катушку, на которую намотаны две обмотки: I—450+ +450 витков провода ПЭЛ 0,1; II—100 витков провода ПЭЛ 0,2—0,3 *мм*. Громкоговоритель должен иметь звуковую катушку с сопротивлением 6—10 *ом*. Для этой цели могут подойти как малогабаритные громкоговорители, например типа 0,1ГД-6, так и более крупные, например 1ГД-1, 1ГД-18 и др., причем совсем необязательно применять громкоговорители с хорошим звучанием. Можно использовать и такие, у которых поврежден диффузор или подвижная катушка задевает за края магнита.

Источник питания *Б*—один гальванический элемент с начальным напряжением 1,3—1,5 *в*, например, типа ФБС-0,25, «316» («Кристалл»), «343», «373» («Марс»). Поскольку ток, потребляемый прибором, мал и составляет всего 2—3 *ма*, то энергии каждого из таких источников хватит на несколько сотен часов непрерывной работы, т. е. практически на время, в течение которого гарантируется работоспособность элемента: до 4—6 мес. для малогабаритных элементов и до нескольких лет для элементов типа «373».

Резистор R_1—на 200—300 *ом* мощностью 0,1—0,5 *вт* любого типа. Кнопка *Вк*, с помощью которой включается питание, может

быть практически любой конструкции, например от электрического звонка, можно использовать и однополюсный тумблер.

Прибор смонтирован на плате из гетинакса или текстолита толщиной 1,5—2,0 *мм*, размеры которой определены габаритами примененных деталей и источника питания. При использовании малогабаритных громкоговорителей (0,2ГД-1 или 0,1ГД-6), трансформатора от карманного приемника и элемента ФБС или «316» весь прибор можно смонтировать в стандартном пластмассовом корпусе детского карманного приемника. На его лицевой панели следует разместить разъемы *Э, Б, К* и кнопку *Вк*.

Хотя описанный прибор очень прост по устройству и конструкции, с его помощью можно быстро проверить исправность низкочастотных германиевых *р-п-р*-транзисторов практически всех типов, от самых маломощных (П5, П14—П16, ГТ108, ГТ109 и др.) до транзисторов большой мощности (П201—П203, П213—П216, П4 и др.).

Недостаток прибора в том, что им нельзя проверять транзисторы *п-р-п* (П8—П11, П37—П38) и высокочастотные транзисторы (П401—П403, П420—П423, ГТ309, ГТ313 и др.). Первый недостаток можно устранить, изменив полярность включения источника питания при испытании транзисторов *п-р-п*, переключив элемент или применив специальный переключатель полярности питания, например двухполюсный тумблер (рис. 23). В положении *р-п-р* на кол-

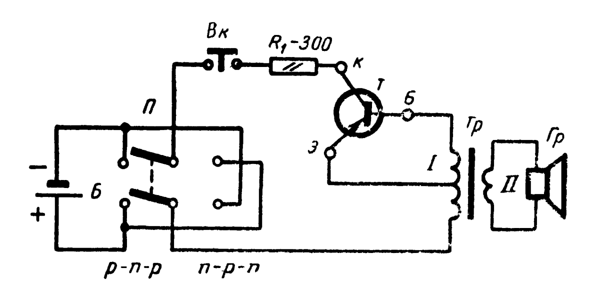


Рис. 23. Принципиальная схема простейшего испытателя низкочастотных транзисторов *р-п-р* и *п-р-п*.

лектор испытуемого транзистора поступает «минус», на эмиттер — «плюс». В положении *п-р-п* наоборот — на коллектор — «плюс», на эмиттер — «минус».

Для того чтобы прибор генерировал при включении исправных высокочастотных транзисторов, необходимо небольшое (около 0,1 *в*) начальное смещение на базе, которое получено с помощью специальной схемы смещения, состоящей из резисторов и конденсаторов.

Введение такой схемы несколько усложнило конструкцию прибора, но зато позволило испытывать как низкочастотные, так и высокочастотные транзисторы. Кроме того, при использовании переключателя полярности источника питания, стало возможным испытывать транзисторы различной проводимости — *р-п-р* и *п-р-п*. Подробное описание устройства и конструкции такого универсального испытателя приведено в следующей главе.

ИСПЫТАТЕЛЬ НИЗКОЧАСТОТНЫХ И ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ *р-п-р* и *п-р-п* СО ЗВУКОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

Принципиальная схема этого прибора (рис. 24) представляет собой дальнейшее развитие схемы описанного выше прибора. В нее введены переключатель полярности источника питания $П_1$ и цепь смещения, состоящая из двух резисторов, R_2R_3 и двух конденсаторов C_1 и C_2. Кроме того, токоограничительный резистор R_1 включен в цепь эмиттера, а не коллектора, как было раньше.

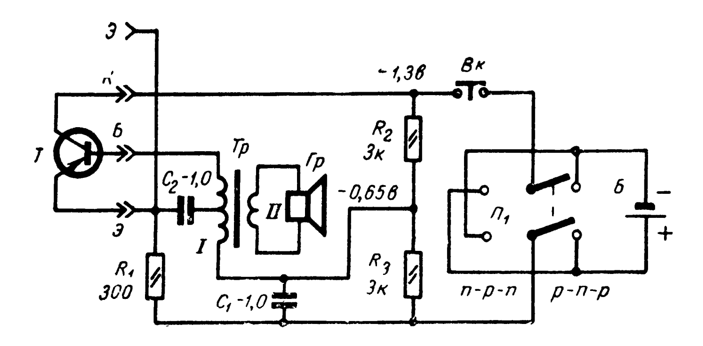


Рис. 24. Принципиальная схема испытателя низкочастотных транзисторов и высокочастотных транзисторов *р-п-р* и *п-р-п* со звуковой индикацией.

Остановимся на работе цепи смещения. Резисторы R_2 и R_3 образуют делитель напряжения· напряжение на их средней точке при равных номиналах R_2 и R_3 составляет половину напряжения питания, т. е. около 0,65 *в*. Это напряжение подается через первичную обмотку трансформатора, имеющую небольшое сопротивление постоянному току (20—30 *ом*), на базу испытываемого транзистора T_1, в результате чего в цепи базы возникает ток, усиливающийся в B раз в цепи коллектора и в $(1+B)$ раз в цепи эмиттера. В свою очередь ток эмиттера создает на резисторе R_1 напряжение, которое всего на (0,15—0,25 *в*) меньше напряжения на базе. Таким образом, напряжение на резисторе R_1 равно 0,4—0,5 *в*, а это значит, что при сопротивлении $R_1=300$ *ом* ток эмиттера равен 1,3—1,6 *ма*. Причем этот ток сравнительно мало зависит от параметров испытываемых транзисторов.

Для нормальной работы генератора необходимо, чтобы сопротивление между нижним по схеме концом первичной обмотки трансформатора и «плюсом», а также между эмиттером и средним выводом той же обмотки трансформатора на генерируемой частоте было небольшим. Для этого резистор R_1 зашунтирован конденсатором C_1, а эмиттер соединен со средней точкой первичной обмотки через конденсатор C_2. Емкость этих конденсаторов должна быть не менее 1 *мкф*.

Детали. Для изготовления прибора в виде малогабаритной конструкции (рис. 25) потребуются малогабаритные детали.

Трансформатор *Тр* можно взять от любого карманного приемника (выходной), например от «Сокола», «Невы-2», «Мира», или сделать самому на пермаллоевом сердечнике, как было описано в предыдущей главе. Громкоговоритель—типа 0,2ГД-1 или 0,1ГД-6, 0,1ГД-8, 0,1ГД-3 и др. Переключатель $П_1$ — двухполюсный тумблер, кнопка *Вк*—малогабаритная или самодельная. Источник питания *Б*—один элемент типа «316» или ФБС-0,25.

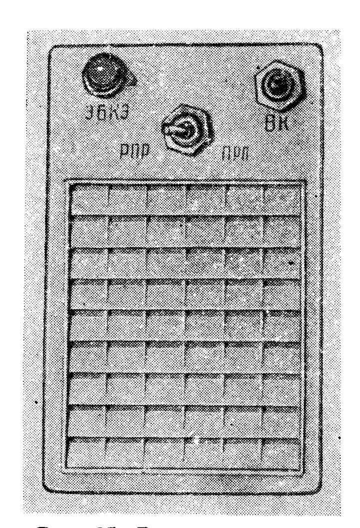


Рис. 25. Внешний вид испытателя низкочастотных и высокочастотных транзисторов *р-п-р* и *п-р-п* **со звуковой сигнализацией.**

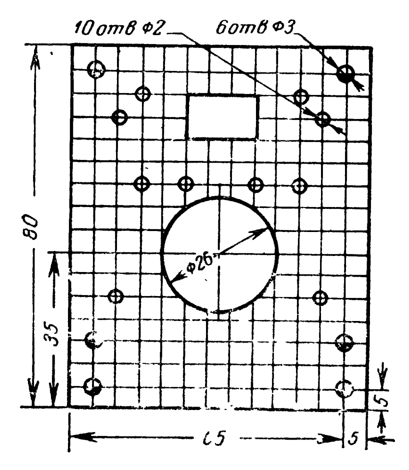


Рис. 26. Чертеж монтажной платы.

Конденсаторы C_1 и C_2 — типа МБМ, 1,0 *мкф*×160 *в*. Применение электролитических конденсаторов здесь недопустимо, так как полярность напряжения источника в данной конструкции изменяется переключателем *р-п-р* — *п-р-п*.

Резисторы типа УЛМ или МЛТ-0,5, R_3—270—330 *ом*, R_1 и R_2 — по 2,7—3,6 *ком*.

Конструкция. Все детали испытателя транзисторов размещены в пластмассовом корпусе от детского карманного приемника с внешними размерами 35×72×115 *мм* (рис. 25). Кнопка *Вк*, переключатель *П* и разъем *ЭБКЭ* укреплены непосредственно на лицевой съемной крышке корпуса, а все остальные детали — на специальной монтажной плате (рис. 26), изготовленной из гетинакса или текстолита толщиной 1—2 *мм*. Расположение деталей и соединительных проводников показано на рис. 27.

Перед установкой громкоговорителя отверстия защитной решетки лицевой крышки необходимо заклеить одним слоем тонкой хлопчатобумажной ткани, что необходимо для защиты диффузора громкоговорителя от попадания грязи и повреждений. Громкоговоритель приклеен непосредственно к защитной решетке клеем БФ-2.

Для подключения элемента необходимо сделать из латуни или жести два пружинящих контакта, которые закреплены к плате заклепками или винтами. Необходимо обратить внимание на изготовление удобных в обращении контактов для разъема *ЭБКЭ*. Для этого лучше всего использовать пластмассовую семиштырьковую ламповую панельку, предварительно обработав ее напильником. Гравировку надписей на лицевой крышке прибора можно сделать острым шилом.

Работа с прибором. После того как прибор собран, не следует торопиться сразу же его включать. Необходимо внимательно проверить правильность соединения деталей и проводников. Затем надо взять три заведомо исправных транзистора разных типов: низкочастотный *р-п-р* (например, П14—П16, ГТ108), высокочастотный *р-п-р* (например, П401 — П403), низкочастотный *п-р-п* (например, П8-П11). Порядок дальнейшей работы следующий:

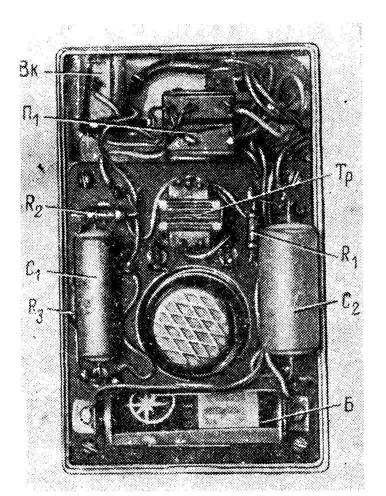


Рис. 27. Расположение деталей прибора.

1. Переключатель $П_1$ надо поставить в положение, соответствующее типу испытываемого транзистора, *р-п-р* или *п-р-п*.

2. Выводы транзистора вставляют в одноименные разъемы *ЭБК* для низкочастотных и *БКЭ*—для высокочастотных транзисторов. Это различие обусловлено последовательностью расположения выводов у тех и других транзисторов.

3. Нажать кнопку *Вк*.

Если после этого из громкоговорителя послышится писк, пусть даже очень слабый, это значит, что генератор работает, а сам транзистор исправен. Если же прибор молчит, то возможны две причины: транзистор неисправен, а поэтому генератор не работает; неправильно подключены выводы транзистора. Если проверка это подтвердила, то нужно вновь, но уже правильно, вставить выводы транзистора в гнезда разъема и нажать кнопку *Вк*.

Достоинство этого прибора в том, что транзистор не выходит из строя, какие бы ошибки ни были допущены при его включении. Это очень удобно, если надо определить цоколевку неизвестного транзистора. Многократно включая транзистор, можно найти такое положение переключателя $П_1$ выводов транзистора, при котором генератор заработает.

Основной недостаток этого прибора в том, что с его помощью нельзя оценить, у какого транзистора усиление больше, у какого меньше. Определить это можно с помощью испытателя транзисторов со световой индикацией. Об устройстве и конструкции такого испытателя и пойдет речь в следующей главе.

ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ И ДИОДОВ СО СВЕТОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

Внешний вид прибора представлен на рис. 28, а его принципиальная схема — на рис. 29. Как видно из рис. 29, прибор имеет много общего с карманным фонарем: имеется батарея 4,5 *в* (КБС): лампа накаливания $Л_1$—3,5 *в*×0,28 *а* и кнопка *Вк*. Кроме того, в испытатель транзисторов входят резистор R_1, переключатель полярности питания и разъем *ЭБКЭ*.

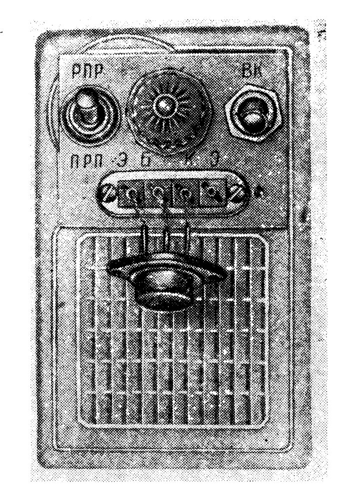


Рис. 28. Внешний вид испытателя транзисторов и диодов со световой индикацией.

Лампа от карманного фонаря используется в этом испытателе в качестве индикатора тока. Здесь использовано свойство ламп накаливания менять яркость своего свечения в зависимости от тока, проходящего через них.

В приводимой ниже таблице приведены основные характеристики малогабаритных и маломощных ламп, применяемых в карманных фонарях.

Из таблицы видно, что с точки зрения обеспечения более легкого режима работы транзистора желательно использовать лампу 1 *в*×0,07 *а*. Но такие лампы бывают в продаже редко, а поэтому приходится довольствоваться лампой 2,5 *в*×0,18 *а*, еще чаще— 3,5 *в*×0,28 *а*.

Теперь рассмотрим, где и как нужно измерять ток, чтобы определить усилительные свойства транзистора или проверить работоспособность диода.

Тип лампы	Минимальный ток свечения, *ма*	Ток полного накаливания, *ма*
1,0 *в* × 0,07 *а*	30—40	70 - 80
2,5 *в* × 0,18 *а*	70 - 90	180—200
3,5 *в* × 0,28 *а*	80—90	260—300

Испытание диодов. Проще всего проверять диоды (рис. 30, *а*). Если испытываемый диод исправный, то лампочка будет светиться только тогда, когда анод диода подключен к «плюсу», а катод — к «минусу». В этом случае переключатель $П_1$ надо поставить в положение *p-n-p;* при этом зажим *Э* — «плюс», а *К* — «минус». При таком включении сопротивление диода мало, поэтому в цепи течет ток, достаточный для свечения лампы. При обратном включении со-

противление исправного диода очень велико, ток мал и лампа не светится.

Если диод неисправен, лампа либо не загорается при любом включении выводов (внутренний обрыв или очень большое сопротивление в прямом направлении), либо загорается при включении в обоих направлениях (внутреннее короткое замыкание).

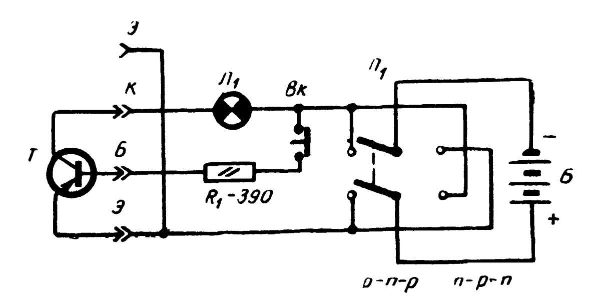


Рис. 29. Принципиальная схема испытателя транзисторов и диодов со световой индикацией.

Испытания транзисторов. Если при отключенной базе на коллектор и эмиттер транзистора подать напряжение питания (рис. 30,*б*), то в цепях коллектора и эмиттера будет протекать некоторый ток $I_к$, по величине которого можно судить об исправности транзистора.

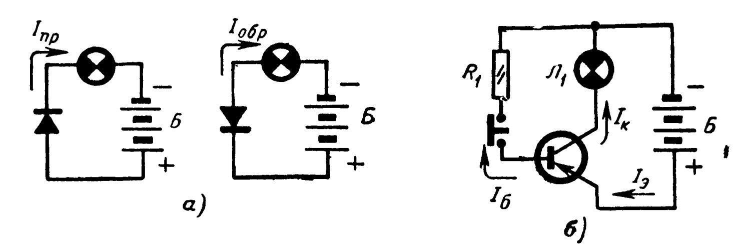


Рис. 30. Прохождение тока в диоде (*а*) и транзисторе (*б*).

У исправных транзисторов этот ток составляет десятые — сотые доли миллиампера и только у некоторых типов достигает нескольких миллиампер. Таким образом, если в качестве индикатора тока использовать лампу от карманного фонаря, то она в этом случае не будет светиться. Правда, она не засветится и в том случае, если в транзисторе произошел внутренний обрыв вывода эмиттера и коллектора.

Если внутри транзистора есть короткое замыкание, то сопротивление между коллектором и эмиттером будет близко к нулю. При включении транзистора с такой неисправностью лампочка загорится сразу и полным накалом.

Если нажать кнопку *Вк*, то на базу транзистора через резистор R_1 будет подано питание, в цепи базы потечет ток, который можно рассчитать по приближенной формуле

$$I_б \approx \frac{E}{R_1},$$

где E — напряжение источников питания;

R_1 — сопротивление резистора.

Если испытуемый транзистор исправен и его коэффициент усиления по току равен B, то ток коллектора

$$I_к = BI_б = B\frac{E}{R_1}.$$

Из этой формулы можно получить выражение для коэффициента B

$$B \approx \frac{I_к R_1}{E}.$$

Теперь в качестве примера определим, при какой минимальной величине коэффициента B засветится лампа $Л_1$ 3,5 *в*×0,28 *а* при использовании батареи КБС (E=4,0 *в*) и R_1=0,39 *ком*. При этом (см. таблицу) ток коллектора $I_к$=80÷90 *ма*

$$B \approx \frac{(80\div90)\,0{,}39}{4} = 8\div9.$$

С помощью описываемого прибора можно выявить транзисторы с очень малым усилением (B менее 8—9), при испытании которых лампочка светится едва заметно либо вовсе не светится.

Об относительной величине B того или иного транзистора можно судить по яркости свечения лампы: чем больше B, тем больше ток коллектора, следовательно, тем больше яркость свечения. Например, лампа будет светиться полным накалом при токе I=280 *ма*, если

$$B = \frac{280\cdot0{,}39}{4} = 28.$$

При B больше 30—40 яркость свечения лампы практически не меняется, так как выходное сопротивление транзистора при установленном токе базы ($I_б$= 10 *ма*) становится настолько малым, что транзистор практически перестает управлять током через лампу, на которой теперь падает почти все напряжение питания. Такое состояние транзистора называется насыщенным. Для того чтобы можно было различать между собой по яркости свечения лампы транзисторы с B больше 30, необходимо уменьшить ток базы, увеличив сопротивление резистора R_1. Например, при R_1=1,2 *ком* можно различать между собой транзисторы с коэффициентом B от 24—27 до 90—100.

Недостатком прибора, как и самого способа, является большой ток коллектора (десятки—сотни миллиампер), при котором происходят испытания. Транзисторы средней и большой мощности (П4, П201—П203 и др.) допускают значительно бо́льшие токи, а поэтому для них такие испытания безопасны. Транзисторы типов П14—П16, П21 допускают ток коллектора до 100—300 *ма*. Но большинство

высокочастотных транзисторов (П401—П403, П420—П423), а особенно микротранзисторы (ГТ108, ГТ309) допускают ток не более 20—30 *ма*. Поэтому испытывать микротранзисторы таким прибором нельзя, а при проверке транзисторов типов П401—П403 и им подобных необходимо, чтобы испытания с нажатой кнопкой *Вк* продолжались недолго, 2—4 *сек*. Как показала практика, за столь короткий промежуток времени транзистор не успевает ухудшить свои параметры.

Другой недостаток испытателя заключается в том, что измеренный коэффициент *B* может в несколько раз отличаться от паспортного значения. Дело в том, что сам коэффициент *B* зависит от тока коллектора, причем эта зависимость различна как для каждого типа транзисторов, так и для транзисторов одного типа.

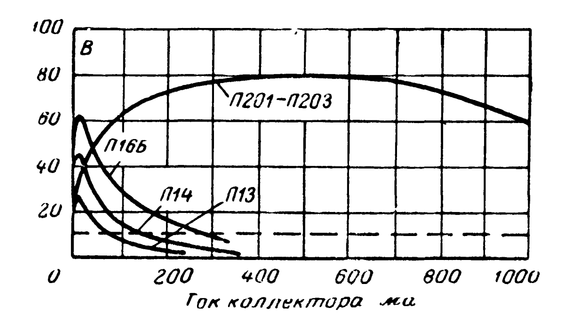


Рис. 31. Примерная зависимость коэффициента *B* от тока коллектора для транзисторов различных типов.

В качестве примера на рис. 31 приведены примерные зависимости коэффициента *B* от тока коллектора транзисторов различных типов. Так, для транзисторов малой мощности (П14—П16, П401—П403 и др.), предназначенных в основном для работы при малых токах (1—5 *ма*), коэффициент *B* при большом токе в несколько раз меньше своего паспортного значения.

Детали и конструкция. Переключатель полярности $П_1$—двухполюсный тумблер. В качестве кнопки *Вк* можно использовать однополюсный тумблер. Тип батареи и номинал резистора R_1 определяются типом применяемой лампы. При использовании лампы 2,5 *в*×0,18 *а* можно обойтись двумя элементами типа «316», соединив их последовательно. Резистор R_1 — типа УЛМ или МЛТ-0,5 на 680 *ом*. Если используется лампа 3,5 *в*×0,28 *а*, то потребуются три элемента «316» или одна батарея типа КБС-Л-0,5. Последний вариант более удобен, так как срок службы одной батареи КБС в 2 раза больше. При этом резистор R_1 — 390 *ом* типа УЛМ или МЛТ-0,5.

Изготовление разъема *ЭБКЭ* для подключения выводов транзисторов было описано ранее. Такой разъем очень удобен для подключения гибких выводов транзисторов типов П4, П201—П203, имеющих толщину около 1 *мм*. Так как выводы маломощных транзисторов значительно тоньше, то для обеспечения хорошего контак-

та при испытаниях маломощных транзисторов надо вставить в гнезда разъемов сначала штырьки от цоколя восьмиштырьковых ламп, а потом уже внутрь этих штырьков, запаянных на одном конце, вставить выводы транзисторов (рис. 28).

Корпус прибора может быть любым. Даже при использовании батареи типа КБС-Л-0,5 все детали прибора умещаются в пластмассовом корпусе от детского карманного приемника.

Прибор содержит так мало деталей, что все они размещены на лицевой панели корпуса. Оба тумблера и патрон лампы закреплены гайками, разъем *ЭБКЭ* приклеен клеем БФ-2. Батарея подключена двумя гибкими проводниками длиной 10—15 *см,* снабженными небольшими зажимами для подключения к ее выводам.

Пользование прибором. Испытание диодов заключается в подключении выводов диода к гнездам: анода — к *Э* и катода — к *К*, затем, наоборот, анода — к *К*, катода — к *Э*. При этом возможны три варианта.

1. Лампа светится только при одном положении выводов диода. Это значит, что диод исправен, его сопротивление в прямом направлении мало.

2. Лампа не светится при любом включении выводов. Это значит, что либо внутри диода обрыв, либо его сопротивление в прямом направлении велико. Оба таких диода можно считать непригодными.

3. Лампа светится полным накалом при любом положении выводов диода. Это говорит о коротком замыкании внутри диода. Такой диод также неисправен.

Следует иметь в виду, что описанный прибор можно использовать не только как испытатель диодов и транзисторов, а также для проверки на обрыв низкоомных катушек индуктивности, трансформаторов, дросселей и т. п. Для этого надо изготовить два гибких разноцветных проводника длиной по 30—50 *мм,* напаяв на их концы штырьки от восьмиштырьковых ламп. А если таких проводников будет три, то можно будет производить испытание транзисторов, не вынимая их из того устройства, где они находятся. При этом придется отключить два вывода испытываемого транзистора. Применение гибких удлинительных проводников особенно удобно при проверке транзисторов средней и большой мощности, которые, как правило, закреплены на охлаждающих радиаторах.

Если необходимо не только установить исправность транзистора, но и более точно измерить коэффициент *B,* например, при малом токе коллектора, следует использовать испытатели, снабженные стрелочными индикаторами. В следующей главе приводится описание устройства и конструкции одного из таких приборов.

ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ И ДИОДОВ СО СТРЕЛОЧНЫМ ПРИБОРОМ

Принципиальная схема (рис. 32). Принцип измерения коэффициента *B* в данном приборе аналогичен используемому в испытателе со световой индикацией, только для измерения тока коллектора применена не лампа накаливания, а стрелочный прибор. Имеется источник питания — батарея *Б* типа КБС-Л-0,5 напряжением 4,0 *в,* полярность включения которой можно менять переключателем $П_1$, что необходимо при использовании транзисторов ***п-р-п*** и ***р-п-р***.

Переключатель $П_2$ подключает к базе испытуемого транзистора токозадающие резисторы R_1 и R_2. Переключатель $П_3$ подключает к базе транзистора резистор R_1, задающий ток базы $I_б = 10$ *мка*, либо R_2, задающий ток базы $I_б \approx 100$ *мка*.

Для точного измерения тока коллектора как при отключенной базе (начальный ток коллектора $I_{к.н}$), так и при включении тока базы (измерение B) используется микроамперметр на 0—200 *мка*. При этом для расширения пределов измерений микроамперметра до 2 *ма* параллельно ему переключателем $П_5$ подключается R_4, величина сопротивления которого в 9 раз меньше внутреннего сопротивления рамки прибора.

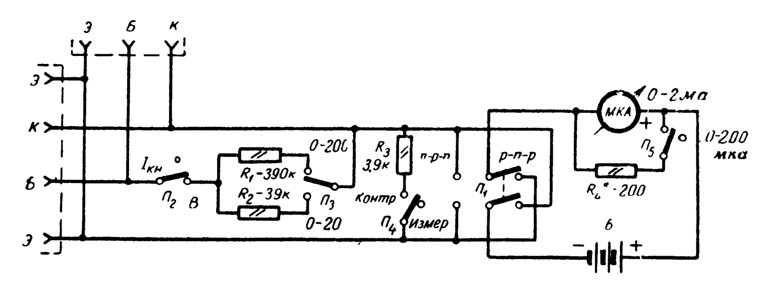


Рис. 32. Принципиальная схема испытателя транзисторов и диодов со стрелочной индикацией.

Таким образом, начальный ток коллектора $I_{к.н}$ можно измерить на двух пределах: 0—200 *мка* и 0—2 *ма*.

Каковы будут показания стрелочного прибора при токе базы 10 или 100 *мка*? В первом случае $I = 10 \cdot B$, *мка*, отсюда

$$B = \frac{I}{10}.$$

При включенном шунте R_5 показания прибора увеличиваются в 10 раз, поэтому последняя формула упростится

$$B = I,$$

т. е. показание прибора в микроамперах будет соответствовать измеренному значению B. Например, если $I = 10$ *мка*, то $B = 10$; если $I = 50$ *мка*, то $B = 50$; если $I = 200$ *мка*, то $B = 200$. Значит, при токе базы 10 *мка* и включении шунта шкала микроамперметра одновременно будет являться шкалой B от 0 до 200.

При токе базы 100 *мка* ток коллектора $I = 100 \cdot B$, *мка*, откуда находим:

$$B = \frac{1}{100}.$$

При включении шунта R_5 показания прибора микроамперметра увеличатся в 10 раз, и тогда формула для B упростится: $B = 0{,}1\ I$ *мка*, т. е. при токе базы 100 *мка* шкала B будет в 10 раз меньше шкалы микроамперметра. Например, если $I = 100$ *мка*, то $B = 0{,}1 \cdot 100 = 10$;

если $I=200$ *мка,* то $B=0{,}1\cdot200=20$. Это значит, что шкала B будет от 0 до 20.

Таким образом, выбор двух значений тока базы (10 и 100 *мка*) и подключение шунта к микроамперметру позволяют сравнительно просто измерять значения B, не прибегая к перечерчиванию шкалы микроамперметра, на двух пределах: 0—20 и 0—200. Первая шкала удобна для испытания транзисторов с малым B, вторая — со средним и большим значениями B.

Так как гальванические батареи постепенно разряжаются, снижается ток базы, что вносит дополнительную ошибку при измерении B.

Избежать этого можно внесением поправки на изменение напряжения питания в момент измерения, для чего используются резистор R_3 и переключатель $П_4$ *(Контр.)*, включенные между «плюсом» и «минусом» батареи. Сопротивление резистора R_3 выбрано таким, чтобы ток в цепи был равен 1 *ма* при напряжении батареи 4,0 *в*, при котором рассчитывался ток базы. В этом случае стрелка измерительного прибора (с включенным шунтом) будет находиться на середине шкалы (транзистор должен быть отключен).

Такой контроль напряжения питания следует производить перед началом каждой серии измерений. Действительное значение B можно определить по следующей формуле:

$$B = B_{изм}\frac{100}{I_{контр}},$$

где $B_{изм}$ — измеренное значение B;

$I_{контр}$ — показания зашунтированного микроамперметра при включенном резисторе R_3.

Например, измерение производится при свежей батарее и контрольный ток $I_{отр}=110$. Тогда

$$B = B_{изм}\frac{100}{110} \approx 0{,}9\,B_{изм}.$$

Предположим, $B_{изм}=30$, откуда $B=0{,}9\cdot30=27$.

Другой пример. Батарея несколько разрядилась, поэтому $I_{контр}=70$. Тогда

$$B = B_{изм}\frac{100}{70} \approx 1{,}4\,B_{изм}.$$

Пусть $B_{изм}=50$, тогда $B=1{,}4\cdot50=70$.

Детали и конструкция. Самая главная и дорогостоящая часть описываемого прибора — микроамперметр. В описываемом приборе был использован микроамперметр типа М49 на 0—200 *мка* с сопротивлением рамки $R_i=1\,800$ *ом,* что обусловило применение шунта $R_3=200$ *ом* и наличие двух шкал B: 0—20 и 0—200. Если приобрести точно такой микроамперметр не удается, можно взять любой другой с током максимального отклонения стрелки 150, 300 или 500 *мка.* Тогда соответственно необходимо будет подобрать новое значение сопротивления резистора R_4

$$R_4 = 0{,}11\ R_i,$$

где R_i — внутреннее сопротивление рамки применяемого прибора. Если сопротивление резисторов R_1 и R_2 оставить без изменения, то шкалы B с указанными выше микроамперами будут соответственно

равны: 0—15 и 0—150; 0—30 и 0—300; 0—50 и 0—500. Сопротивление резистора R_3 можно определить по формуле

$$R_3 = 3{,}9\,\frac{200}{I_{\text{макс}}},\ \textit{ком},$$

где $I_{\text{макс}}$ — ток максимального отклонения стрелки применяемого прибора в микроамперах.

Если есть прибор на 2 или 3 *ма,* схема прибора упрощается. Надобность в резисторе R_4 и переключателе $П_2$ отпадает, и они исключаются. При неизменных значениях R_1 и R_2 шкалы *В* будут иметь значения при токе базы 10 *мка* 0—100 $I_{\text{м кс}}$; при токе базы 100 *мка* — 0—10 $I_{\text{макс}}$ ($I_{\text{макс}}$ — ток максимального отклонения стрелки прибора в миллиамперах).

Например, имеется миллиамперметр со шкалой 0—3 *ма*. Тогда шкалы *В* будут 0—300 и 0—30.

Сопротивление резистора R_3 можно определить по формуле

$$R_3 = \frac{7{,}8}{I_{\text{макс}}},\ \textit{ком}.$$

В данном испытателе рекомендуется применять миллиамперметры с током максимального отклонения от 1 до 5 *ма*. В крайнем случае можно использовать миллиамперметр на 10 *ма*. При этом для получения двух шкал *В*: 0—10 и 0—100 нужно изменить номиналы резисторов следующим образом: R_1—82 *ком*, R_2—8,2 *ком*, R_3—820 *ом*.

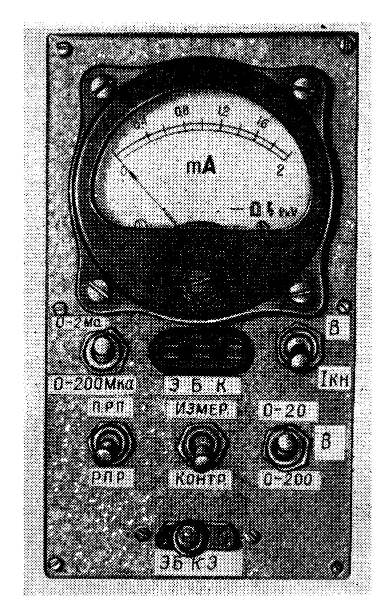


Рис. 33. Внешний вид испытателя транзисторов и диодов со стрелочной индикацией.

Теперь о других деталях. Переключатель $П_1$ — двухполюсный тумблер. Переключатели $П_2$—$П_5$ — однополюсные тумблеры. Резисторы R_1 — R_4 — типа УЛМ или МЛТ-0,5, ВС-0,25.

В качестве разъема *ЭБК*, предназначенного для испытания транзисторов средней мощности (П201—П203), используется колодка переключателя предохранителя сети от приемника «Москвич-В» или АРЗ. Можно также применить самодельный разъем из восьмиштырьковой ламповой панели. Разъем *ЭБКЭ*, предназначенный для испытания маломощных транзисторов, самодельный, из семиштырьковой ламповой панели.

Батарея питания — типа КБС-Л-0,5. Возможно также применение трех элементов типа «316», что позволит уменьшить размеры корпуса прибора.

Корпус прибора (рис. 33) можно сделать из органического стек-

ла, листового алюминия или мягкого дюралюминия Размеры его 50×100×170 *мм*. Лицевая панель является основой, так как на ней расположены практически все детали прибора за исключением батареи. Чертеж панели приведен на рис. 34. Надписи на панели можно сделать либо гравировкой, либо написать на бумаге, а затем наклеить.

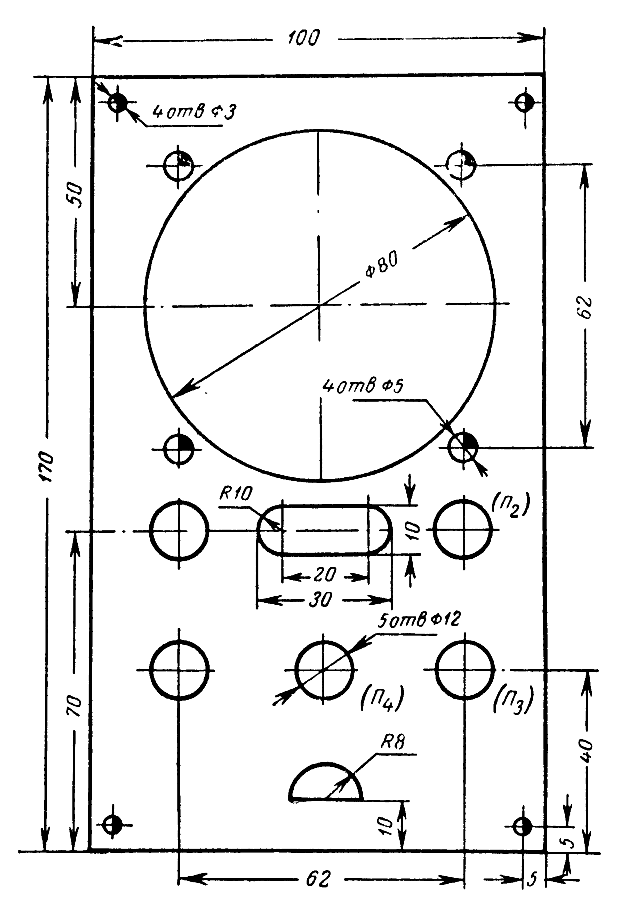


Рис. 34. Чертеж лицевой панели испытателя транзисторов и диодов со стрелочной индикацией.

Детали и проводники смонтированы непосредственно на контактах переключателей, так что специальная монтажная плата не нужна. Батарея закреплена на задней крышке корпуса и соединена со схемой двумя гибкими проводниками.

Пользование прибором. Испытание диодов производится аналогично тому, как это было описано в предыдущей главе. Об исправно-

сти диода можно судить по величине тока в прямом и обратном направлениях.

Испытания транзисторов проводятся в следующей последовательности.

1. Проверка напряжения батареи. Переключатель $П_5$ ставят в положение 0—2 *ма*, переключатель $П_4$ — в положение *Контр.* При этом стрелка прибора должна находиться примерно на середине шкалы.

2. Измерение начального тока коллектора. Переключатели ставят в положение: $П_4$ — *изм*; $П_5$ — 0—200 *мка*; $П_2$ — $I_{к.н}$. Переключатель $П_2$ — в положение, соответствующее типу испытуемого транзистора «*p-n-p*» или «*n-p-n*». Если стрелка прибора находится в крайнем правом положении, то следует поставить переключатель $П_5$ в положение 0—2 *ма*. Исправные транзисторы малой мощности обычно имеют ток $I_{к.н}$ не более 0,2—0,3 *ма*. Если ток $I_{к.н}$ более 2 *ма*, то транзистор неисправен.

3. Измерение коэффициента *B*. Переключатели—$П_5$—0—2 *ма*, $П_3$—0—200, $П_5$—*B*. Если *B* менее 20, то следует поставить переключатель $П_3$ в положение 0—20. Если величина тока $I_{к.н}$ по шкале *B* не более 3—5, то измеренное значение *B* можно считать равным показаниям прибора. При больших значениях $I_{к.н}$ точное значение измеренной величины *B* равно разности показаний прибора при различных положениях переключателя $П_2$ *B* — $I_{к.н}$.

Исправными можно считать транзисторы, у которых *B* не менее 5—6.

Транзисторы с $B=10\div200$ можно применять без какого-либо подбора в схемах со стабилизированным смещением. В любительской практике еще нередко применяют схемы, не имеющие такой стабилизации. Тогда в каждом конкретном случае следует подбирать транзисторы с коэффициентом *B*, рекомендуемым в описании конструкции. При этом совсем необязательно подбирать точное значение *B*, а можно применять транзисторы, отличающиеся по *B* на ±25%. Например, если требуется $B=40$, то можно применить транзистор с $B=30\div50$.

В заключение главы следует сказать, что все описанные испытатели транзисторов позволяют проверить их работоспособность только на низкой частоте или на постоянном токе. Что же касается проверки пригодности каждого транзистора на радиочастотах, то это можно сделать только с помощью специального прибора. Такой прибор особенно необходим для проверки высокочастотных транзисторов, бывших в употреблении, а также при конструировании приемной и передающей аппаратуры, работающей на коротких или ультракоротких волнах. Далее описываются устройство и конструкция простого испытателя высокочастотных транзисторов.

ИСПЫТАТЕЛЬ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Принципиальная схема (рис. 35). Испытуемый транзистор включен в схему высокочастотного генератора.

Работоспособность транзистора определяется по показаниям микроамперметра, измеряющего ток детектора (диоды $Д_3$ и $Д_4$), на вход которого поступает высокочастотное напряжение, снимаемое с эмиттера.

Источником питания служит батарея типа КБС-Л-0,5. Поскольку чаще всего любители используют высокочастотные *p-n-p*-транзисторы, например типа П401—П403, то переключатель полярности батареи не нужен. Питание включается кнопкой *Вк* только на время проведения испытания.

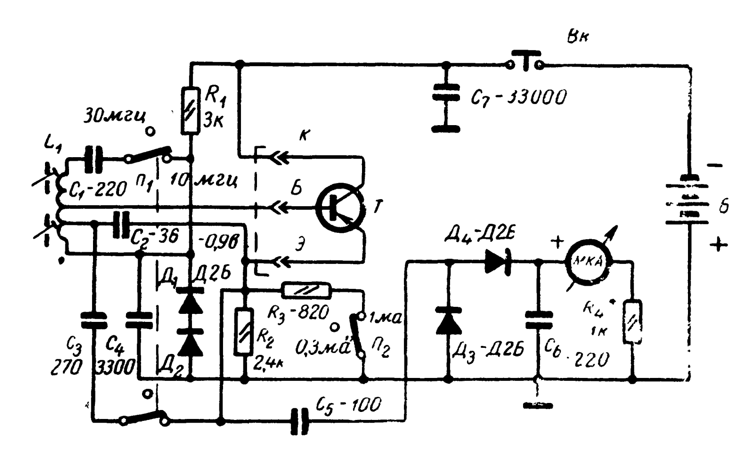


Рис. 35. Принципиальная схема испытателя высокочастотных транзисторов.

Высокочастотный генератор аналогичен низкочастотному генератору в испытателе транзисторов со звуковой индикацией. Отличия заключаются в конструкции катушки и принятии дополнительных мер к повышению стабильности режима работы испытываемого транзистора. Первое обусловлено более высокими частотами (10—30 *Мгц* вместо 1—3 *кгц*), второе — сильной зависимостью показаний прибора от тока коллектора.

При разомкнутом переключателе $П_1$ (30 *Мгц*) частота генерации определяется индуктивностью катушки L_1, а также ее межвитковой емкостью и емкостью монтажа. При замыкании $П_1$ (10 *Мгц*) параллельно катушке L_1 подключается дополнительный конденсатор C_1, за счет чего частота генерации уменьшается с 30 до 10 *Мгц*.

Стабилизация напряжения смещения осуществляется делителем напряжения, состоящим из резистора R_1 и двух последовательно включенных точечных германиевых диодов типа Д2Б. Одной из их особенностей является то, что приложенное к ним напряжение мало меняется при значительном изменении величины постоянного тока через них. В результате напряжение на базе транзистора (0,9 *в*) остается почти неизменным как при изменении напряжения батареи, так и при колебаниях температуры.

При неизменном напряжении на базе ток коллектора и эмиттера определяется в основном сопротивлением резистора в цепи эмиттера. Когда переключатель $П_2$ разомкнут (0,3 *ма*), ток коллектора равен 0,3 *ма*. При замыкании $П_2$ (1,0 *ма*) параллельно R_2 подключается резистор R_3, в результате чего сопротивление в цепи эмиттера уменьшается, а ток коллектора увеличивается до 1,0 *ма*.

Высокочастотное напряжение, действующее на эмиттере транзистора, через конденсатор C_5 поступает на диоды $Д_3$ и $Д_4$ детектора, где оно выпрямляется, фильтруется конденсатором C_6 и измеряется микроамперметром. Резистор R_4 необходим для ограничения тока через прибор. Чем больше высокочастотное напряжение, тем больший ток течет через микроамперметр. Для устранения влияния внутреннего сопротивления батареи на работу генератора введен шунтирующий конденсатор C_7.

Как же по величине высокочастотного напряжения можно судить о качестве транзистора?

Усилительные свойства любого транзистора наиболее полно характеризует величина его коэффициента максимального усиления по мощности на данной частоте $K_{м.\,макс}$. Этот коэффициент показывает, во сколько раз мощность сигнала на выходе транзисторного каскада больше мощности сигнала, поступающего на его вход.

Величина $K_{м.\,макс}$ большинства типов транзисторов на низких частотах находится в пределах от 1 000 до 10 000, что зависит как от типа транзистора, так и его режима работы, главным образом от тока коллектора. По мере увеличения частоты сигнала усиление по мощности уменьшается. Наконец, на некоторой частоте усиление транзистора по мощности становится равным единице, т. е. транзистор полностью теряет свои усилительные свойства. Частота сигнала, при которой $K_{м.\,макс}=1$, называется максимальной частотой сигнала $f_{макс}$.

Частоту $f_{макс}$ того или иного транзистора можно определить, использовав испытуемый транзистор в автогенераторе, настроенном на определенную частоту. Если транзистор генерирует на данной частоте f, то это значит, что его максимальная частота выше этой частоты, и чем больше напряжение генерируемого сигнала, тем больше разность частот $f_{мак}$ и f.

Когда же частота $f_{макс}$ незначительно превышает частоту настройки генератора, колебания могут возникнуть только при условии точного подбора элементов связи транзистора с контуром генератора, в данном случае емкости конденсатора, соединяющего эмиттер транзистора с нижним по схеме отводом катушки L_1. Именно из этих соображений при изменении частоты генератора одновременно переключается конденсатор C_3, так как при увеличении частоты емкость конденсатора связи должна уменьшаться.

Распространенные в любительской практике высокочастотные транзисторы в промышленных условиях испытывают на генерацию при определенном режиме (ток коллектора 5 *ма,* напряжение на коллекторе 5 *в*) и на определенных частотах: 30 *Мгц*—П401, П421; 60 *Мгц* — П402, П422; 120 *Мгц* — П403, П423 и т. д. Но собрать и наладить в любительских условиях генераторы на столь высокие частоты трудно. Еще труднее было бы собрать генератор для испытания транзистора типа ГТ313 на 800 *Мгц.*

В описываемом приборе удалось обойтись генератором на две более низкие частоты, 10 и 30 *Мгц,* только потому, что испытание транзисторов производится при значительно меньшем токе коллектора, 0,3 и 1,0 *ма.* При столь малом токе частота $f_{макс}$ в несколько раз меньше своего значения при типовом режиме испытания.

На рис. 36 в качестве примера представлены примерные зависимости величины $K_{м.\,макс}$ от частоты сигнала для транзисторов различных типов при изменении тока коллектора. Например, если тран-

зистор типа П401 при токе коллектора 5 *ма* имеет частоту $f_{макс}$ =30 *Мгц*, то при токе 0,3 *ма* он будет генерировать только на частоте 10 *Мгц*.

Детали и конструкция. Самой дорогой деталью описываемого прибора является микроамперметр, ток полного отклонения стрелки которого должен быть от 50 до 300 *мка*. Применение микроамперметров с бо́льшим током возможно, но затруднит определение генерации на частотах, близких к $f_{макс}$, когда ток детектора мал. В описываемой конструкции применен микроамперметр типа М494 на 0—50 *мка* с сопротивлением рамки около 1 *ком*.

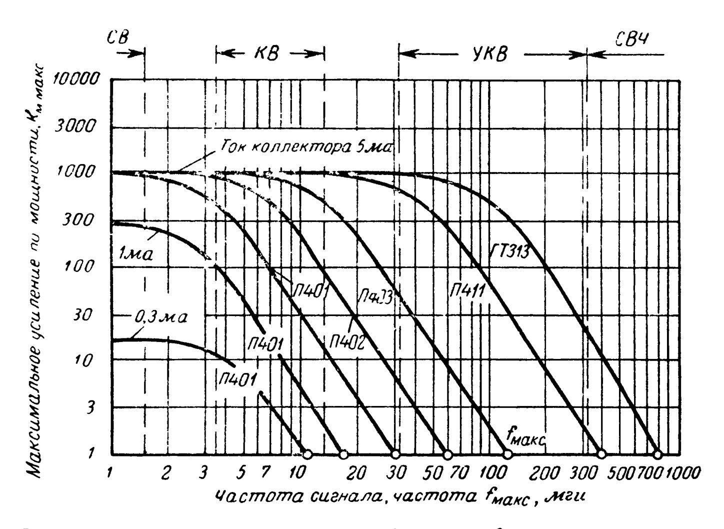


Рис. 36. Примерная зависимость $K_{м.\ макс}$ и $f_{макс}$ высокочастотных транзисторов от тока коллектора.

Диоды $Д_1$—$Д_4$ — точечные германиевые, например, типов Д2Б—Д2Д или Д9Б—Д9Д. Резисторы R_1—R_4 — типа УЛМ или МЛТ-0,5. Все конденсаторы (C_1—C_7) — керамические, типа КТК-1а или КТК-М, КЛС. Переключатели $П_1$—$П_2$ — двухполюсные тумблеры. Их свободные контакты используются как монтажные стойки. Кнопка *Вк* малогабаритная; ее можно заменить однополюсным тумблером. Разъем *ЭКБ* был описан ранее. Катушка индуктивности L_1 самодельная. Ее наматывают на пластмассовом каркасе от фильтра ПЧ телевизора «Рубин» или «Рубин-102», снабженном двумя подстроечными карбонильными сердечниками. Катушка содержит 2+3+10 витков провода ПЭЛШО-0,31. Конструкция катушки показана на рис. 37.

Все детали прибора, включая батарею питания, размещаются в пластмассовом корпусе с размерами 55×100×155 *мм* (рис. 38). Микроамперметр, переключатели $П_1$ и $П_2$, а также кнопка *Вк* закреплены непосредственно на лицевой панели корпуса. Детали детектора (C_5, C_6, $Д_3$, $Д_4$ и R_4) размещены на небольшой монтажной плате из гетинакса или текстолита, закрепленной непосредственно на за-

жимах микроамперметра. Катушка L_1 размещена вблизи переключателя $П_1$, по возможности дальше от металлических деталей. Батарея закреплена на нижней съемной крышке прибора. Монтаж остальных мелких деталей, резисторов и конденсаторов производится непосредственно на выводах переключателей и разъема *ЭКБ*.

Налаживание испытателя следует начать с проверки правильности монтажа. Только после устранения ошибок и недоделок можно включить испытуемый заведомо исправный транзистор типа П402 или П403 и убедиться в наличии генерации при всех положениях переключателей $П_1$ и $П_2$, не забыв при этом нажать на кнопку *Вк*.

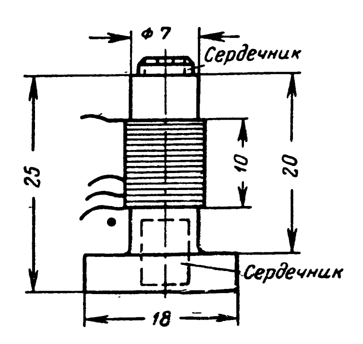


Рис. 37. Конструкция катушки индуктивности испытателя высокочастотных транзисторов.

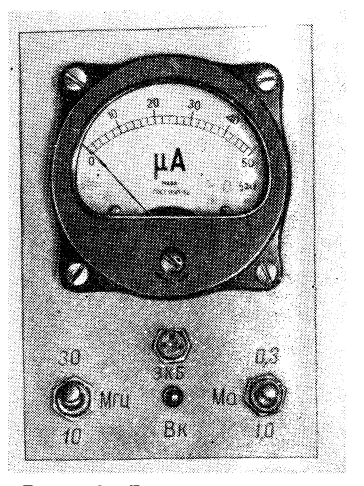


Рис. 38. Внешний вид испытателя высокочастотных транзисторов.

Затем необходимо более точно настроить генератор. Лучше всего это можно сделать с помощью волномера на 10—30 *Мгц*. Но такими приборами располагают только радиоклубы или большие радиокружки. Поэтому в любительских условиях можно рекомендовать более простой способ с помощью радиовещательного приемника, имеющего коротковолновый диапазон и снабженного оптическим индикатором настройки. Это возможно потому, что данный испытатель является по существу передатчиком, хотя и очень малой мощности. Его сигнал можно принимать на расстоянии всего 1—2 *м*. Для настройки испытатель надо расположить рядом с антенной приемника.

Точное значение частоты генерации определяется так. Переключатель $П_1$ ставят в положение 10 *Мгц*, $П_2$—1 *ма*, нажимают кнопку *Вк*. Наличие генерации (при исправном транзисторе) определяется по отклонению стрелки микроамперметра. Теперь приемник переключают на диапазон КВ и плавным вращением ручки настраиваются на частоту генерации. В момент настройки в громкоговорителе будет слышен резкий щелчок, а темный сектор индикатора настройки сузится.

Если будет установлено, что частота генерации находится в пределах 9—11 *Мгц*, то можно считать, что налаживание закончено

При больших отклонениях следует воспользоваться подстроечными сердечниками катушки L_1 и соответственно подстроить частоту.

Работа с прибором. Следует помнить, что с помощью описанного испытателя можно проверять только высокочастотные *p-n-p* транзисторы. Проверка низкочастотных транзисторов ничего не даст, а испытание высокочастотных *n-p-n* транзисторов, например типов П501—П503, может привести к выходу их из строя.

Порядок испытания следующий.

1. Выводы транзистора вставить в соответствующие гнезда разъема *ЭКБ*.

2. Переключатели $П_1$ и $П_2$ перевести в положение 30 *Мгц* и 0,3 *ма* соответственно.

3. Нажать кнопку *Вк*. Если при этом стрелка прибора отклонится от нуля и будет показывать ток хотя бы в несколько микроампер, то генерация есть. Обычно на частоте 30 *Мгц* при токе 0,3 *ма* генерируют транзисторы, у которых при типовом режиме испытания максимальная частота $f_{макс}$ не менее 100—120 *Мгц*.

Интересной особенностью прибора является то, что при токе 0,3 *ма* можно выявить транзисторы с $f_{макс} = 200 \div 400$ *Мгц* и более. Дело в том, что при испытании транзисторов, имеющих $f_{макс} = 100 \div 200$, переключение $П_1$ с 30 на 10 *Мгц* приводит к увеличению показаний микроамперметра, тогда как при испытании транзисторов с $f_{макс} = 200 \div 400$ *Мгц* наблюдается обратная картина, уменьшение показаний.

4. Если при проведении п. 3 нет генерации, то необходимо переключатель $П_1$ перевести в положение 10 *Мгц*. При токе 1 *ма* на частоте 10 *Мгц* должны генерировать транзисторы с частотой $f_{макс}$ не менее 20—30 *Мгц*.

5. Транзисторы, не генерирующие при выполнении пп. 3—5, либо неисправны, либо имеют частоту $f_{макс}$ менее 15—20 *Мгц*.

Теперь о том, как наиболее рационально использовать высокочастотные транзисторы.

1. В простых приемниках прямого усиления, в УПЧ на 465 *кгц*, можно использовать транзисторы с $f_{макс} = 15 \div 20$ и более.

2. В преобразователях частоты СВ и ДВ, а также в отдельных гетеродинах КВ можно применять транзисторы с $f_{макс} = 30 \div 60$ *Мгц* и более.

3. В преобразователях частоты, имеющих КВ диапазон, а также в УПЧ на 6,5 *Мгц* желательно использовать транзисторы с $f_{макс} = 100 \div 120$ *Мгц* и более.

4. В усилителях ВЧ приемников с КВ диапазоном, а также в преобразователях частоты УКВ диапазона, в передатчиках КВ и УКВ транзисторы должны иметь $f_{макс} = 200 \div 400$ *Мгц* и более.

Следует указать, что применение испытателя высокочастотных транзисторов может оказаться очень полезным не только при проверке транзисторов, бывших в употреблении, а также для нахождения среди приобретенных транзисторов экземпляров с наибольшим значением $f_{макс}$. Например, транзисторы типа П401 могут иметь $f_{макс}$ от 30 до 60 *Мгц;* П402 — от 60 до 120 *Мгц;* П403 — от 120 до 200 *Мгц* и т.д.

В процессе пользования прибором легко заметить, что оценка качества высокочастотных транзисторов по величине коэффициента *B*, измеренного на постоянном токе или низких частотах, не всегда правильна. Как правило, даже среди транзисторов одного и того же типа встречаются экземпляры с небольшим *B*, имеющие боль-

шую частоту $f_{макс}$, чем другие с бо́льшим B. Именно поэтому при испытаниях высокочастотных транзисторов желательно применение описанного испытателя.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ САМОДЕЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

При работе с тестером, описанным во второй главе, пределы измерения следует выбирать так, чтобы отклонение стрелки прибора было возможно бо́льшим, так как в этом случае погрешность измерения будет меньше. Кроме того, для уменьшения погрешности измерения напряжения за счет шунтирования прибором цепи, в которой производится измерение, его внутреннее сопротивление на выбранной шкале должно быть значительно больше сопротивления этого участка цепи—по крайней мере в 5—10 раз. В противном случае показания прибора будут существенно занижены.

Переходить с одного вида измерений на другой при подключенном приборе нельзя, так как это может привести к выходу из строя стрелочного измерителя. Во избежание этого измерение следует начинать с самой грубой шкалы.

Для измерения тока в цепи, сопротивление которой известно, можно измерить падение напряжения на этом сопротивлении, и искомый ток вычислить по закону Ома. Иногда это более удобно, чем разрывать цепь для подключения измерителя тока. Например, измерив напряжение $U_э$ на эмиттерном резисторе с сопротивлением $R_э$ и поделив $U_э$ на $R_э$, можно определить эмиттерный ток $I_э$.

При необходимости измерить ток, превышающий верхний предел прибора, в измеряемую цепь последовательно с известным сопротивлением включают резистор и, измерив на нем падение напряжения, вычисляют искомый ток. Чтобы не нарушать режим измеряемой цепи, сопротивление резистора должно быть как можно меньше.

Проводники, щупы и однополюсные вилки для подключения тестера должны иметь хорошую изоляцию.

Звуковой генератор, описанный в третьей главе, может найти применение во многих случаях радиолюбительской практики. Его можно с успехом использовать для наладки самодельных усилителей низкой частоты, проверки УНЧ радиоприемников, радиол, проигрывателей, магнитофонов, а также во многих других случаях, когда требуется источник синусоидальных колебаний с фиксированными частотами 250, 1 000 и 3 000 *гц* и амплитудой до 0,3—0,5 *в*.

Используя звуковой генератор и любительский тестер, можно измерить коэффициент усиления, выходную мощность и снять амплитудную характеристику изготовленного УНЧ, а также, сравнивая усиление на трех фиксированных частотах, судить о его частотной характеристике.

Установку амплитуды колебаний на выходе генератора можно производить следующим образом. Потенциометр *амплитуда* следует снабдить шкалой, на которой полный угол поворота оси потенциометра разделен на десять равных частей и точки деления пронумерованы в порядке возрастания амплитуды выходного напряжения. Для отсчета амплитуды на ручке потенциометра наносится риска. Включив генератор и установив ручку *амплитуда* в положение *10*, тестером измеряют переменное напряжение $U_{\sim}$ на выходном зажиме 1:1 на всех трех частотах и полученные результаты записыва-

ют. Выходное напряжение при различных положениях ручки *амплитуда* может быть вычислено по формуле

$$U_{з.\,г} = \frac{U_{\sim} n}{10},$$

где $U_{\sim}$ — переменное напряжение данной частоты, измеренное тестером, *мв*,
n — деление шкалы, соответствующее положению ручки *амплитуда;*
k — зависит от зажима, с которого снимается выходное напряжение; для выхода 1:1 $k=1$, 1:10 $k=10$ и 1:100 $k=100$;
$U_{з.\,г}$ — напряжение на соответствующем выходе звукового генератора, *мв*.

Для снятия амплитудной характеристики УНЧ на его вход подают сигнал от генератора, а параллельно первичной обмотке выходного трансформатора подключают тестер. Амплитудную характеристику УНЧ обычно снимают на частоте 1000 *гц*. Постепенно увеличивая напряжение, подаваемое на вход усилителя $U_{вх}$, записывают соответствующие показания тестера $U_{вых}$. По полученным данным строят амплитудную характеристику УНЧ. На начальном участке характеристики при малых величинах $U_{вх}$ показания тестера изменяются пропорционально росту входного напряжения. Однако, начиная с некоторого значения входного напряжения $U_{вх.\,огр}$, пропорциональная зависимость нарушается, и при дальнейшем увеличении напряжения на входе показания тестера практически не изменяются. Наступает ограничение, в результате которого форма выходного сигнала сильно искажается. Так, при подаче на вход синусоидального напряжения с амплитудой больше $U_{вх.\,огр}$ выходное напряжение будет иметь искаженную форму. Момент ограничения в ряде случаев можно определить на слух по характерному изменению тембра звука, слышимого в громкоговорителе.

Коэффициент усиления по напряжению усилителя можно определить, вычислив отношение выходного напряжения к соответствующему напряжению на входе, а измерив тестером напряжение на звуковой катушке громкоговорителя, сопротивление которой известно, можно определить выходную мощность усилителя при данном входном напряжении.

Приведем формулы для вычисления коэффициента усиления и выходной мощности УНЧ:

$$k = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}; \qquad P = \frac{U_{гр}^2}{R},$$

где k — коэффициент усиления УНЧ.
$U_{вых}$ — выходное напряжение УНЧ, измеренное тестером, *мв;*
$U_{вх}$ — напряжение, подаваемое на вход УНЧ от ЗГ, *мв;*
P — выходная мощность усилителя, *вт;*
$U_{гр}$ — напряжение на звуковой катушке громкоговорителя, *в;*
R — сопротивление звуковой катушки громкоговорителя на частоте 1000 *гц, ом.*

Если сопротивление звуковой катушки громкоговорителя на частоте 1000 *гц* неизвестно, его можно принять равным сопротивле-

нию звуковой катушки постоянному току. Напряжение, подаваемое на вход усилителя при измерении коэффициента усиления и выходной мощности, должно быть меньше $U_{огр}$.

Измерив коэффициенты усиления усилителя на трех фиксированных частотах (желательно при одном и том же значении $U_{вх}$) и сравнив их между собой, можно судить о частотной характеристике УНЧ.

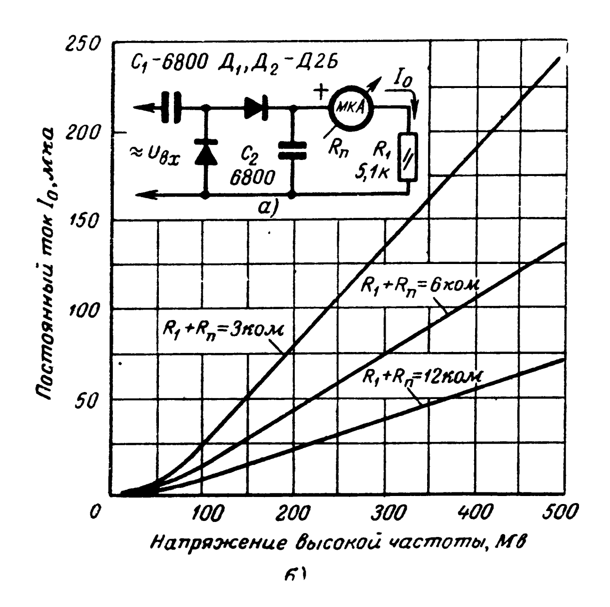


Рис. 39. Принципиальная схема (*а*) и калибровочная характеристика (*б*) детекторной головки для измерения высокочастотного напряжения.

Установка амплитуды высокочастотных колебаний ВЧ генератора может быть произведена точно таким же способом, как это было описано для звукового генератора, с той лишь разницей, что для измерения высокочастотного напряжения на зажиме 1:1 используется высокочастотная детекторная головка, подключаемая к любительскому тестеру. Эта головка аналогична по устройству и конструкции измерителю ВЧ напряжения, примененного в испытателе высокочастотных транзисторов. Принципиальная схема такой головки и ее калибровочная характеристика (график перевода показаний микроамперметра в величину высокочастотного напряжения) приведены на рис. 39.

С помощью детекторной головки можно измерять напряжения от 30—50 до 300—500 *мв* на частотах от 100 *кгц* до 30 *Мгц*. Необходимость в подобных измерениях возникает обычно при проверке напряжения сигнала на входе детектора или на выходе гетеродина.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 15 коп.